

6-2 東海地方の地殻変動

Crustal Movements in the Tokai District

国土地理院

Geospatial Information Authority of Japan

[水準測量 森～掛川～御前崎]

第1～4図は東海地方(森町～御前崎市間)の水準測量結果である。前回の観測は半年前の2014年6～7月である。

第1図の最上段は、最新の観測結果と前回の観測結果の差による各水準点の上下変動である。森町側に対して御前崎市側が沈降する長期的な傾向に特に変化は見られない。変動データの期間は、3段目と5段目が約3ヶ月間、それ以外は約半年間である。

第2図は、掛川市(140-1)から見た御前崎市(2595)の上下変動時系列である。上のプロットが生観測値による時系列、下のプロットが年周成分を除去した後の時系列である。2000年夏以前のSSE開始よりも前の沈降の速度と比較して、SSE進行期にある2000年秋頃から2005年夏頃までは沈降速度が速かったが、2005年夏以降は、2000年夏よりも前の沈降速度にほぼ戻ったように見える。

第3図は、第2図の観測結果について、最新の変動が従来のトレンド(傾き)上に乗っているかどうか等を、できるだけ定量的に評価するための資料である。2000年秋～2005年夏のSSE進行期とその前後の期間の3つの期間に分けて、トレンドを推定した後、年周成分を推定した。上段の時系列は、第2図の年周成分を除去していない時系列のうち1995年以降のものである。破線は、3期間に分けて推定した回帰曲線である。2段目の表に回帰モデルの数値を示した。期間(2)のSSE進行期は、傾きが約-8mm/年と沈降速度が速くなったが、その後の期間(3)については約-5mm/年と期間(1)の沈降速度に近くなっている。年周変化の振幅は、小さくなっている。同時に、回帰の標準偏差も小さくなっている。

一番下の段に、期間(2)から期間(3)にかけての時系列の拡大図を示した。回帰モデルからの残差による標準偏差を細い破線で示してある。長期的な傾向に特段の変化は見られない。

第4図は、森町(5268)を基準とした掛川市(140-1)と御前崎市(2595)の変動時系列グラフである。森町に対する掛川市および御前崎市の長期的な沈降傾向に特段の変化は見られない。

[水準測量 御前崎 時系列]

第5図は、掛川から御前崎検潮所に至る各水準点の時系列上下変化である。御前崎検潮所付属水準点は、2009年8月駿河湾の地震時に局所的に沈下したものと考えられる。2011年4月に御前崎先端付近でわずかな隆起の傾向が見られたが、その後は従来とほぼ同じトレンドで沈降している。

[GNSSと水準測量の比較 御前崎]

第6図は、電子基準点間の比高変化について、水準測量(取付観測という)の結果とGNSS連続観測結果とを比較したものである。両者はほぼ同様の傾向を示しており、最新のデータは

従来の長期的な沈降傾向に沿っている。

[GNSS 上下 高精度比高観測 御前崎]

第7～10図は、掛川～御前崎間における高精度比高観測（GNSS連続観測）の結果である。今回から、高精度比高観測点の一周波データの解析に用いる電離層遅延補正モデルとして、畑中（2012）に基づいて生成した電離層モデルの空間格子を東海地域を対象に詳細化したモデル（畑中ほか、2013）を適用している。

第7図は、高精度比高観測点間の比高変化について、水準測量の結果とGNSS連続観測結果を比較したものである。両者はほぼ同様の傾向を示しており、最新のデータは従来の長期的な沈降傾向に沿っている。

第8～10図は、掛川～御前崎間における高精度比高観測（GNSS連続観測）の結果である。2014年11月までに19点で観測を終了し、観測を継続している観測点は第8図上段の観測点配置図に示された98H004、98H007、98H010、98H016、98H023、98H025の6点である。

第8図下段の比高変化グラフには約2cmのばらつきが見られるが、H下板沢（98H023）観測点に対して御前崎側の観測点が長期的な沈降の傾向にあることが見てとれる。

第9図に、各高精度比高観測点のH下板沢観測点に対する比高変化について、1ヶ月ごとおよび10日ごとの平均値を示す。各図の右に各点の上下変動速度（マイナスは沈降）が記されている。特段の傾向の変化は見られない。

第10図左は、H細谷（98H025）観測点に対する各点の比高について、1ヶ月平均値と3ヶ月前の1ヶ月平均値との差を、最近3年間について示したものである。特段の傾向の変化は見られない。

第10図右は、同様にH細谷観測点に対する各点の比高の1ヶ月平均値の前月との差を、最近1年間について示したものである。特段の傾向の変化は見られない。

[水準測量 御前崎先端部]

第11～12図は、御前崎先端部の変動を見るために小さな環で行っている水準測量の結果である。最近概ね半年に1回の頻度で実施している。

第11図の最上段は、今回2015年1月の最新の結果と前回2014年7月の結果の差による上下変動観測結果で、特段の変化は見られない。

第12図は、網平均を行った結果を最近の4つの期間について示したもので、比較のため、1977年からの上下変動の累積を比較のために最下段に示す。（4）に示した最近の短期的な傾向には、従来の傾向と特段異なる変化は見られない。

[水準測量 静岡県菊川市]

第13～15図は静岡県が実施している菊川市付近の水準測量の結果である。2014年度からは観測の頻度がこれまでの2週間に1度から1ヶ月に1度になっており、最新のデータは5月期に行われた観測結果となっている。グラフの掲載順序は、最初の図に東側の路線、次の図に西側の路線の結果を掲載し、各図の最上段に、一番長い路線の結果を示してある。

第13図、第14図の各図の中段にはSF2129から2602-1に至る南北の短い路線（約100m）のデータが掲載されているが、これらは独立な観測値による結果である。両者とも、2602-1で2009

年8月11日の駿河湾の地震時に1mmを超える沈降を示した。また、第14図の最上段にも変化が見られることから、10333も同時に沈降した可能性がある。これら、2602-1と10333を含むグラフの近似曲線は、2009年8月11日の駿河湾の地震前までのデータを用いて計算した。東北地方太平洋沖地震による影響や顕著な傾向の変化は見られない。

第15図に示した傾斜ベクトルの時間変化には、揺らぎを伴いながらも、全体としては長期的な南南東傾斜の傾向が見られる。

[GNSS 御前崎とその周辺]

第16～20図は御前崎とその周辺のGNSS連続観測結果である。三ヶ日から榛原（はいばら）に至る東西方向の基線もあわせて示している。

第17図の(4)(5)において2009年の夏に見られる跳びは、2009年8月11日に発生した駿河湾の地震に伴う御前崎A観測点の変動によるものである。なお、御前崎A観測点は、2010年3月24日に御前崎観測点から移転した観測点である。2010年3月24日より前のデータには、移転前の御前崎観測点のデータのバイアスを調整したものを、御前崎A観測点の代わりに用いている。2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震に伴い、第17図の(5)に地震時と地震後の基線の短縮が見られる。

第18図の(8)において2009年8月頃から、掛川観測点が東向きに動いたような基線長の変化が見られた後、10月に戻った。同様の变化はピラーに内蔵された傾斜計にも見られるが、GNSSの上下成分には見られない。2010年夏にも同様の東向きの変化が見られた後、9月28日以降戻っている。2009年も2010年も大雨後に戻っているが、原因は不明のままである。2011年および2012年にはこのような変化はなかったが、2013年および2014年の8月頃から9月頃にかけて、再び同様の变化が見られた。第20図の(6)において2014年6月頃から隆起する向きの変化が見られたが、8月に観測点周辺の樹木を伐採した後に戻っており、観測点周辺の樹木の成長に伴う受信環境の悪化による誤差であった可能性がある。一部の観測点では2010年2～3月頃にレドームの開閉を行ったことによる見かけ上の変動が含まれている場合があるので、第16図下段の観測局情報を参照する必要がある。最近のデータには、特段の傾向の変化は見られない。

[GNSS 駿河湾]

第21～23図は、駿河湾とその周辺のGNSS連続観測時系列である。2014年4月頃から、焼津A(990840)が隆起・沈降を繰り返しているような変化が見られるが、原因については電波干渉の影響の可能性がある、現在調査を進めているところである。その他には、傾向に特段の変化は見られない。

[長距離水管傾斜計 御前崎・切山]

第24図は、御前崎長距離水管傾斜計の月平均結果と傾斜計端点間の水準測量結果である。長距離水管傾斜計のデータは、2012年8月14日から10月18日までの間の機器異常による欠測と2013年1月28日から2月1日までの間に行われた機器交換の前後で変化がないものと仮定してデータをつなげている。水準測量結果では、長期的な東側隆起の傾向が継続している。上側□印の水準測量のデータ、下側の○印の水管傾斜計のデータともに2009年8月11日の駿河湾の地震時の跳び等を補正して表示している。下側の○印の水管傾斜計のデータでは、2009年6月17日

に西側局舎にエアコンを設置した効果により、最近のプロットの年周成分は小さめである。なお、東側局舎へのエアコン設置は1993年4月で、2002年の冬に行われた両局舎の建て替えによって密閉性が高まったとの記録がある。2014年の1月頃から3月頃にかけて、水管傾斜計によって測定される傾斜の値がやや小さめであったが、その後、ほぼ元のレベルに戻っている。

第25図は御前崎および切山の長距離水管傾斜計観測値の日平均値データおよび時間平均値データである。特段の傾向の変化は見られない。

[深井戸 ひずみ・傾斜 御前崎]

第26～28図は御前崎の深さ約800mの深井戸で実施している地殻変動（ひずみおよび傾斜）連続観測結果である。2014年12月27日頃から傾斜のY成分に大きな変化が見られるが、機器の不具合の可能性がある。また、11月3日頃にひずみM成分、11月5日頃にひずみU成分、12月1日頃にひずみD成分に変化が見られるが、機器不具合または局所的な変動の可能性がある。それ以外には、特段の傾向の変化は見られない。

[東海地方の地殻変動]

第29～33図は、白鳥（しろとり）観測点を固定局として示した、東海地方の地殻変動である。

第29図上段は最近の1年間の水平変動である。比較のために、東北地方太平洋沖地震前においてスロースリップのなかった2つの時期における変動速度を中段に、スロースリップが発生していた時期の変動速度を下段に示している。最近の東海地方の地殻変動には西向きの変動が広く見られ、スロースリップの発生していなかった時期のものに近い。

第30図は、上下成分について同様の比較を示すものである。水平よりもばらつきが大きい。

第31～32図は、東北地方太平洋沖地震前の2008年1月～2011年1月の期間の変動を定常変動と仮定し、それからの変動の差を非定常変動として示した図である。水平成分および上下成分のそれぞれについて、最近の約1年間の図と3ヶ月ごとの図を示す。3ヶ月ごとの図のうち、上段の2014年9月から12月の図および最近の約1年間の図では、浜名湖の北西周辺に南向きのわずかな非定常変動が見られる。

第33図は、東海地方のGNSS連続観測点の非定常地殻変動の3成分時系列である。東北地方太平洋沖地震の余効変動の影響は小さくなってきている。

[東海地方 ゆっくり滑りによるプレート境界面上の滑り分布]

第34～54図は、東海地方に見られる非定常的な地殻変動について、プレート境界面上の滑りを推定した結果である。解析方法や解析期間、形状が異なる複数のモデルで推定を行っており、概要を第34図にまとめている。

(モデル1-1, 1-2)

第35～46図は、東海地方の非定常地殻変動（2008年1月～2011年1月を基準）からまず東北地方太平洋沖地震による余効変動の影響を除去し、その結果を用いてプレート境界面上の滑りを推定した結果である。第35～40図は解析期間が2013年3月12日～2015年5月9日、第41～46図は、最近の1年間（2014年5月2日～2015年5月9日）である。

第35～36図（第41～42図）は、東北地方太平洋沖地震の余効滑りの推定結果と、それか

ら計算される東海地方での余効変動、非定常地殻変動と、余効変動の影響を除去して得られた非定常成分である。余効滑りによる変動を除去した図では、浜名湖北西で南東向きの変動、浜名湖の東側で東向きの変動と隆起が見られる。

第37～38図（第43～44図）は、非定常地殻変動から一様滑りの矩形断層を推定した結果である。また、第39～40図（第45～46図）は、非定常地殻変動からプレート境界面上での滑り分布を推定した結果である。浜名湖付近に滑りの中心が推定されている。第40図（第46図）の残差を見ると、水平変動はよく説明できているが、上下変動については説明できていない変動が残っているように見える。

（モデル2）

第47～54図は、東海地方の非定常地殻変動について、時間依存インバージョンにより、プレート境界での滑り分布を時間発展で推定した結果である。このモデルでは、東北地方太平洋沖地震の余効滑りとフィリピン海プレート上面での滑りを同時に推定している。

第47図は、東海地方の非定常地殻変動（2008年1月～2011年1月を基準）をカルマンフィルタで平滑化して求めた最近の約1年間とその3ヶ月ごとの水平変動の図である。東北地方太平洋沖地震の余効変動の影響が見られるが、3ヶ月ごとの図上段の2014年5月から8月と8月から11月の図および最近の約1年間の図では、浜名湖の北西周辺でわずかに南向きの成分が見られる。

第48図は、非定常地殻変動の三成分時系列をカルマンフィルタで平滑化した結果である。

第49図は、非定常地殻変動から東北地方太平洋沖地震の余効滑りを計算により除去した図である。下段左(C)2013年11月～2014年6月の図では浜名湖の北西では南東方向の変動、浜名湖の東側では東方向への変動が見られる。

第50図は、推定された滑りの時間変化を示す資料である。上段は滑り分布、中段は誤差分布、下段はモーメントの時間変化グラフである。2013年末頃から2014年6月頃のモーメントの解放量が大きいことが分かる。

第51～52図は、水平および上下変動の計算値と観測値を比較したものである。水平変動はよく説明できている。上下変動についてはばらつきが大きいものの、大きな変動は説明できているように見える。

第53図は、滑り領域とモーメントの時間変化について、今回と前回（2001～2006年）とを比較したものである。今回の滑りは最大で6cm程度であり、滑りの中心は前回よりも南側に位置している。

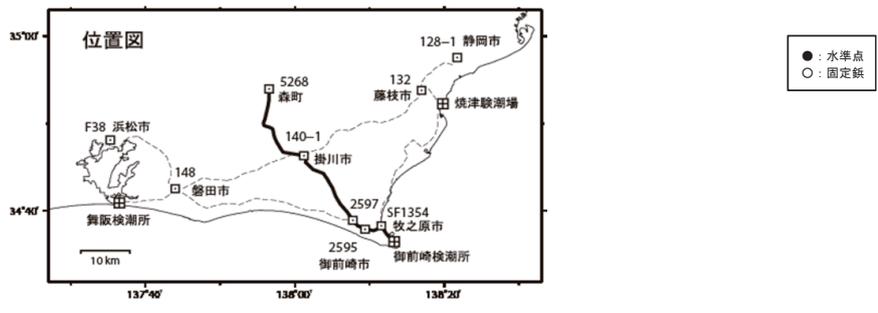
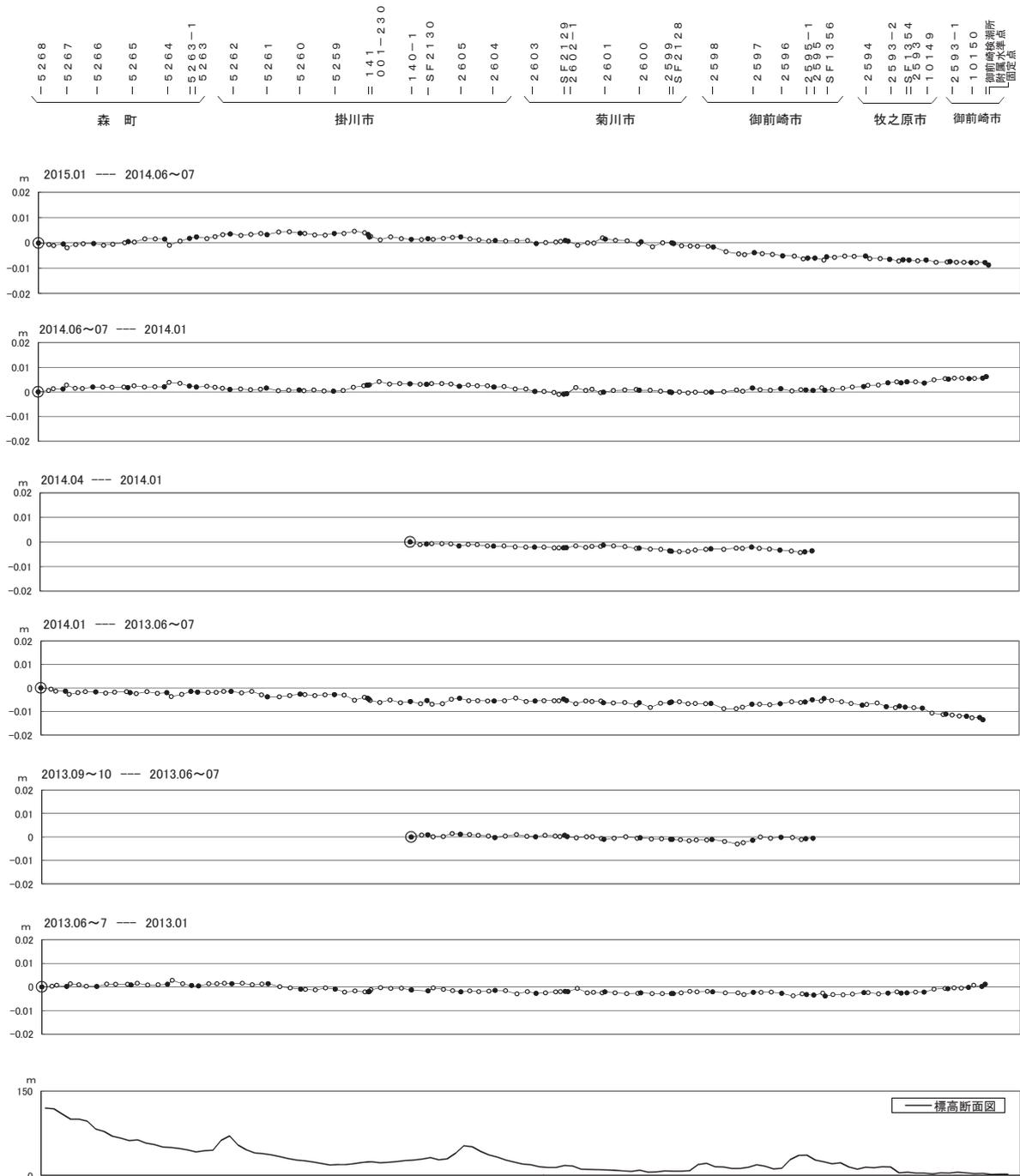
第54図は、東北地方太平洋沖地震の余効変動を除去して得られた非定常変動とフィリピン海プレート上面の滑り分布を対応させて示した資料である。

参 考 文 献

- 1) 畑中雄樹, 2012, GPS統合解析技術の高度化（第3年次）, 平成23年度調査研究年報, 国土地理院, 112-115.
- 2) 畑中雄樹・中川弘之・檜山洋平・影山勇雄・加川亮・宮原伐折羅, 2013, GPS測量等における電離層補正効果に関する研究（第1年次）, 平成24年度調査研究年報, 国土地理院, 142-145.

森～掛川～御前崎 間の上下変動

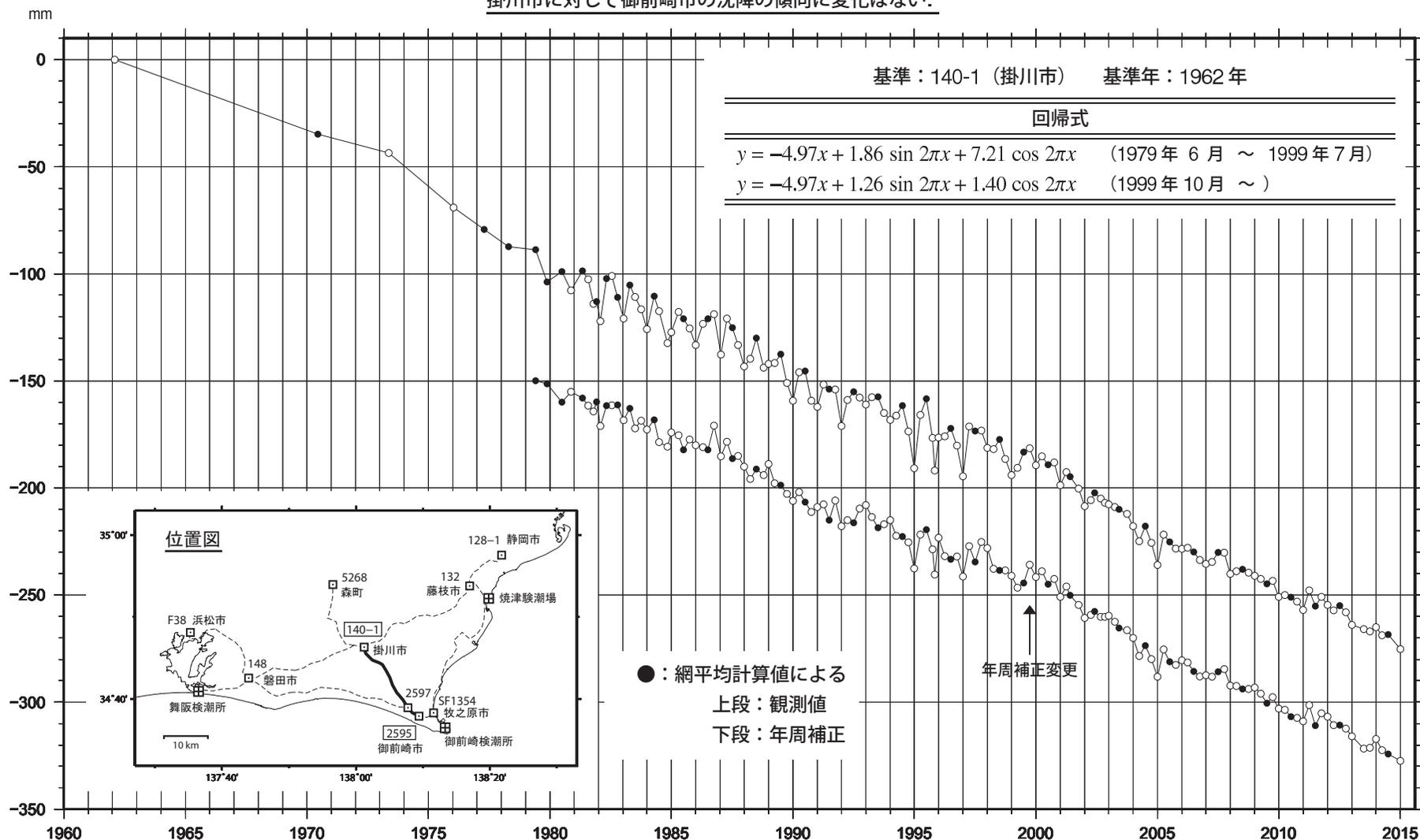
傾向に変化は見られない。



第1図 水準測量による森町～掛川市～御前崎市間における上下変動
 Fig. 1 Vertical crustal movement from Mori town to Omaezaki city via Kakegawa city.

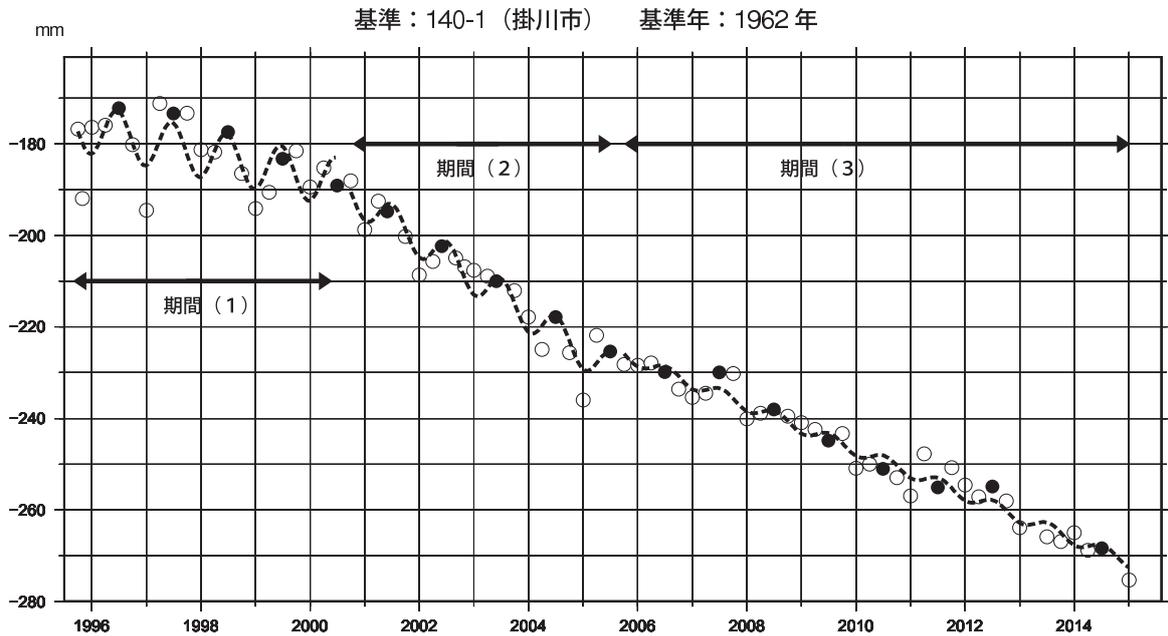
水準点 2595（御前崎市）の経年変化

掛川市に対して御前崎市の沈降の傾向に変化はない。



第2図 水準点 140-1（掛川市）を基準とした 2595（御前崎市浜岡）の高さの経年変化
 Fig. 2 Time series of height change of BM2595 (Hamaoka) as referred to BM140-1 (Kakegawa).

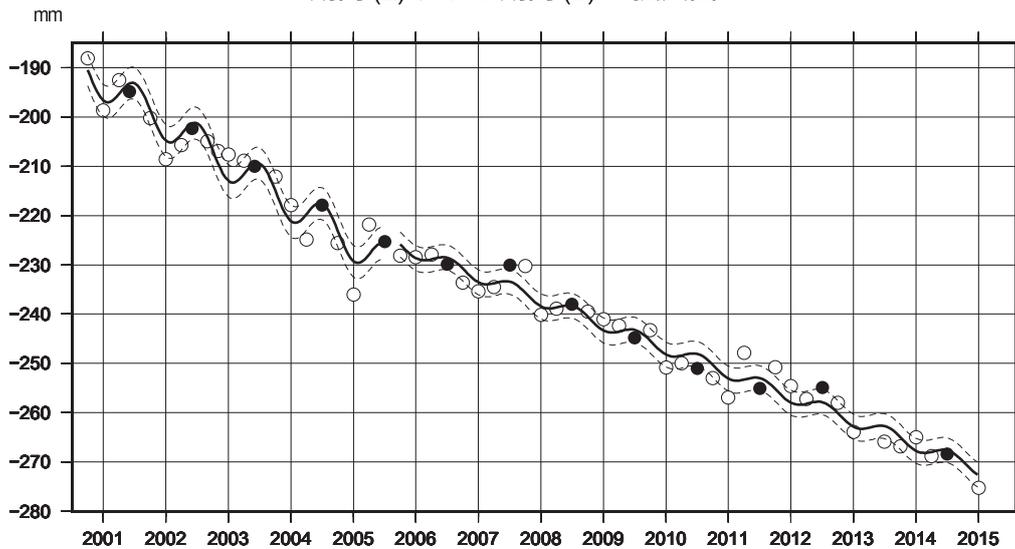
水準点 2595（御前崎市）の経年変化 スロースリップイベント期間で分けた回帰モデル



- ・ スロースリップイベントの(1) 開始以前, (2) 進行期, (3) 停止以後の3期間でそれぞれ回帰モデルを推定している.
- ・ (1)~(3)の各期間の1次トレンド+年周を破線で表示している.

No.	期間	傾き (mm/yr)	振幅 (mm)	位相 (deg)	標準偏差 (mm)
期間 (1)	1995 年 10 月 - 2000 年 7 月	-2.57	5.37	-79.0	5.39
期間 (2)	2000 年 10 月 - 2005 年 7 月	-8.15	3.80	-95.7	3.24
期間 (3)	2005 年 10 月 - 2015 年 1 月	-4.89	1.30	-102.6	2.53

期間(2) および期間(3)の拡大図

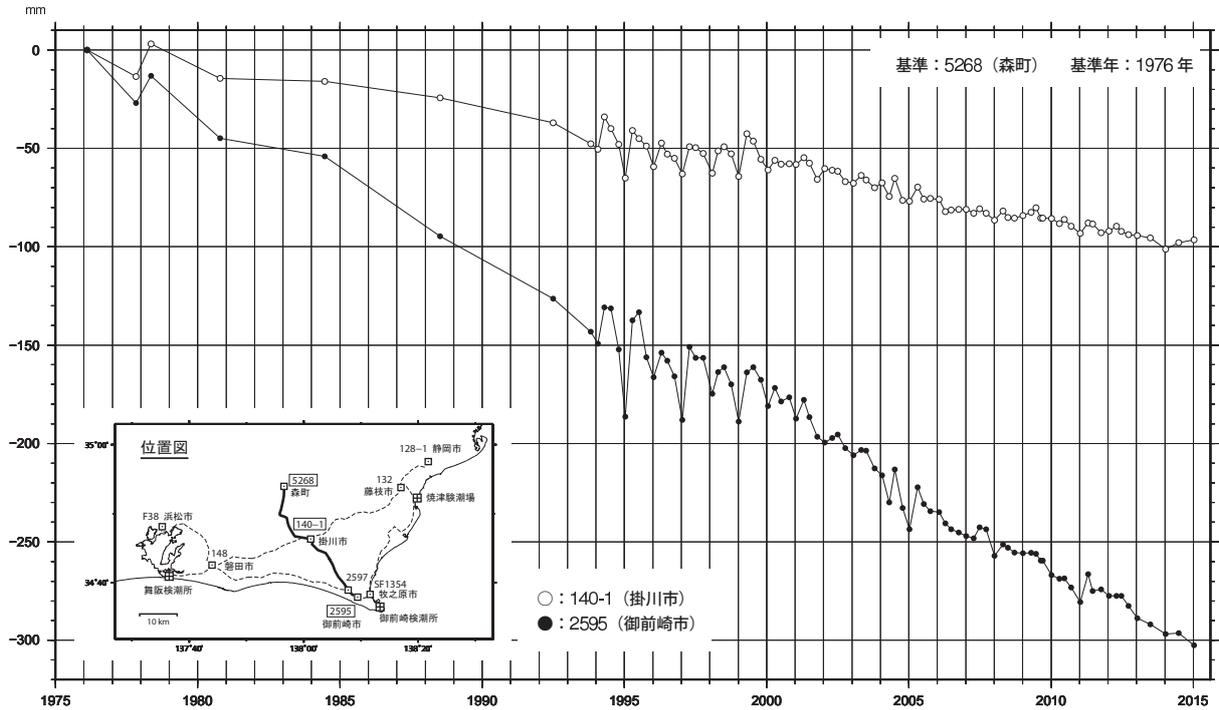


- ・ 各期間の回帰モデル (1次トレンド+年周) を実線で表示している.
- ・ 回帰モデルからの残差による標準偏差を破線で示している.

第3図 水準点 2595（御前崎市）の経年変化 スロースリップイベント期間で分けた回帰モデル
Fig. 3 Regression model for the period before, during and after the slow slip event.

水準点 (140-1・2595) の経年変化

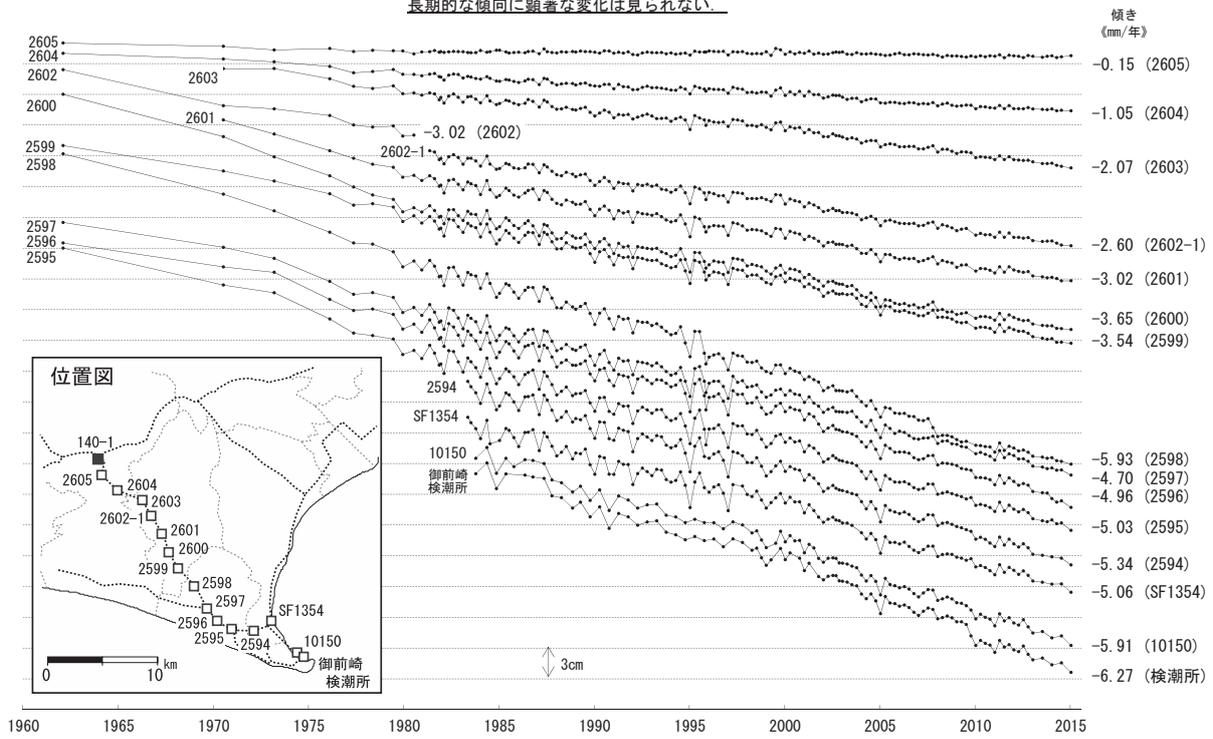
長期的な傾向に変化は見られない。



第4図 水準点 5268 (森) を基準とした 140-1 (掛川) と 2595 (御前崎市浜岡) の上下変動時系列
 Fig. 4 Time series of height change from BM 5268 (Mori) to BM140-1 (Kakegawa) and BM2595 (Hamaoka).

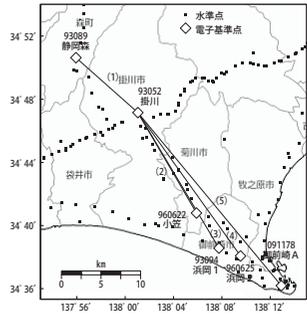
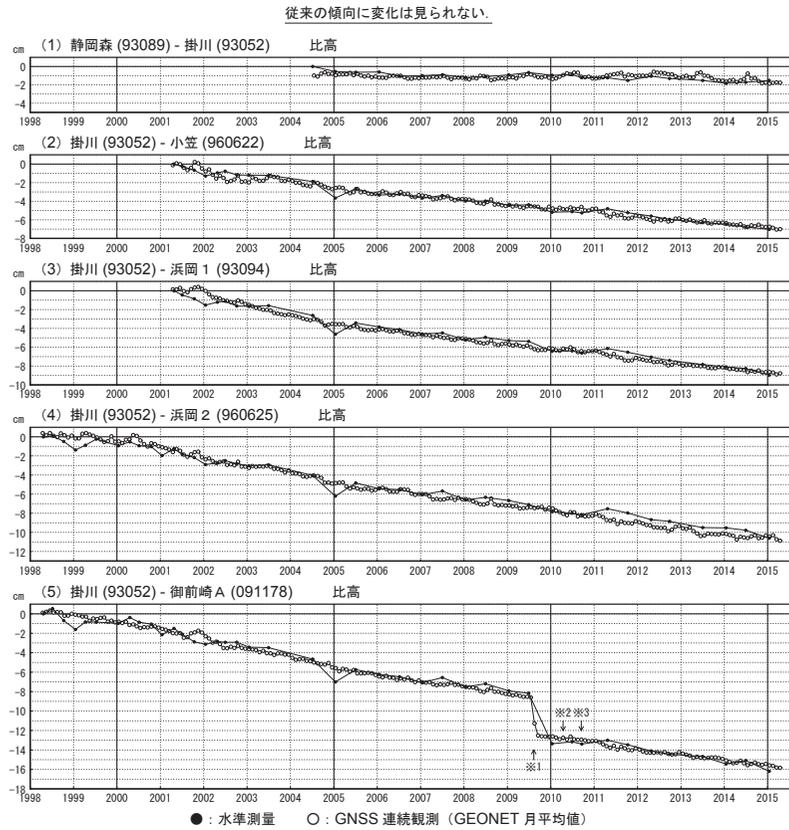
1962年を基準とした掛川～御前崎間の各水準点の経年変化 (固定点: 140-1)

長期的な傾向に顕著な変化は見られない。



第5図 水準点 140-1 (掛川市) を基準とした掛川～御前崎間の各水準点の高さの経年変化
 Fig. 5 Time series of height changes of benchmarks along the route between Kakegawa and Omaezaki as referred to BM140-1 (Kakegawa).

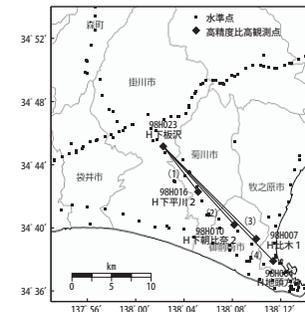
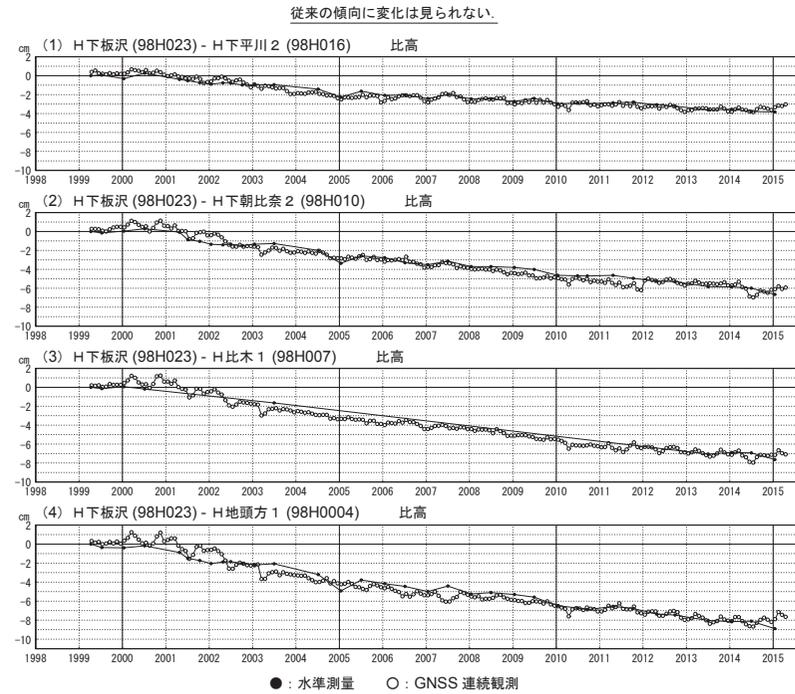
御前崎 電子基準点の上下変動 水準測量と GNSS 連続観測



- ・水準測量による結果は、最初のプロット点の値を 0cm として描画している。
 - ・GNSS 連続観測のプロット点は、GEONET による日々の座標値 (F3 : 最終解) から計算した値の月平均値。最新のプロット点は 04/01~04/18 の平均。
 - ・GNSS 連続観測による結果については、水準測量の全期間との差が最小となるオフセット量を求めている。
- ※1 電子基準点「御前崎」は 2009 年 8 月 11 日の駿河湾の地震 (M6.5) に伴い、地表付近の局所的な変動の影響を受けた。
- ※2 2010 年 4 月以降は、電子基準点「御前崎」をより地盤の安定している場所に移転し、電子基準点「御前崎 A」とした。上記グラフは電子基準点「御前崎」と電子基準点「御前崎 A」のデータを接続して表示している。
- ※3 水準測量の結果は移転後初めて変動量が計算できる 2010 年 9 月から表示している。

第 6 図 御前崎 電子基準点の水準測量と GNSS による上下運動の比較
Fig. 6 Comparison of height changes of GEONET stations between the leveling survey and GNSS measurements.

御前崎 高精度比高観測点の上下変動 水準測量と GNSS 連続観測

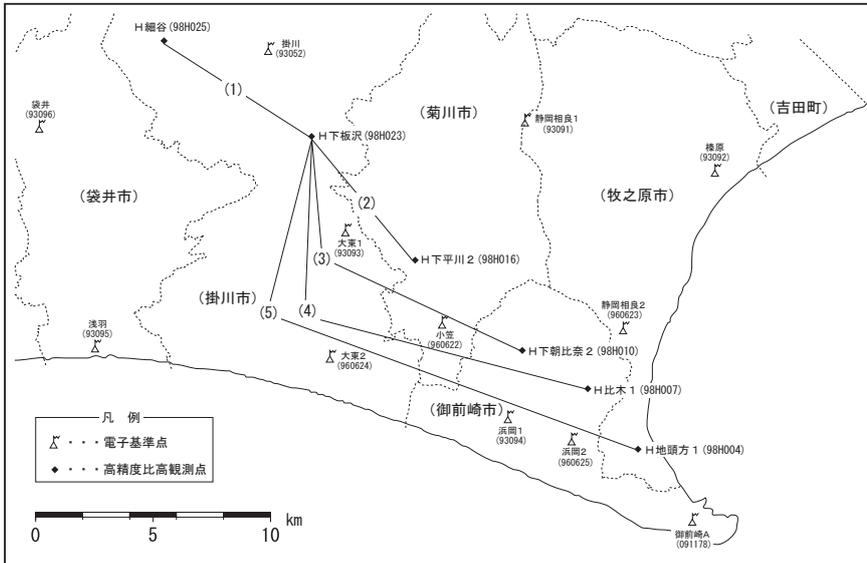


- ・水準測量による結果は、最初のプロット点の値を 0cm として描画している。
- ・GNSS 連続観測のプロット点は、日々の座標値 (HT1 : 最終解) から計算した値の月平均値。最新のプロット点は 04/01~04/18 の平均。
- ・GNSS 連続観測による結果については、水準測量の全期間との差が最小となるオフセット量を求めている。

第 7 図 御前崎地域の高精度比高観測点の水準測量と GNSS による上下変動の比較
Fig. 7 Comparison of height changes of high precision vertical observation sites between leveling and high precision vertical GNSS measurements.

御前崎 高精度比高観測時系列 (GNSS)

配点図 (基線図)



各観測局情報

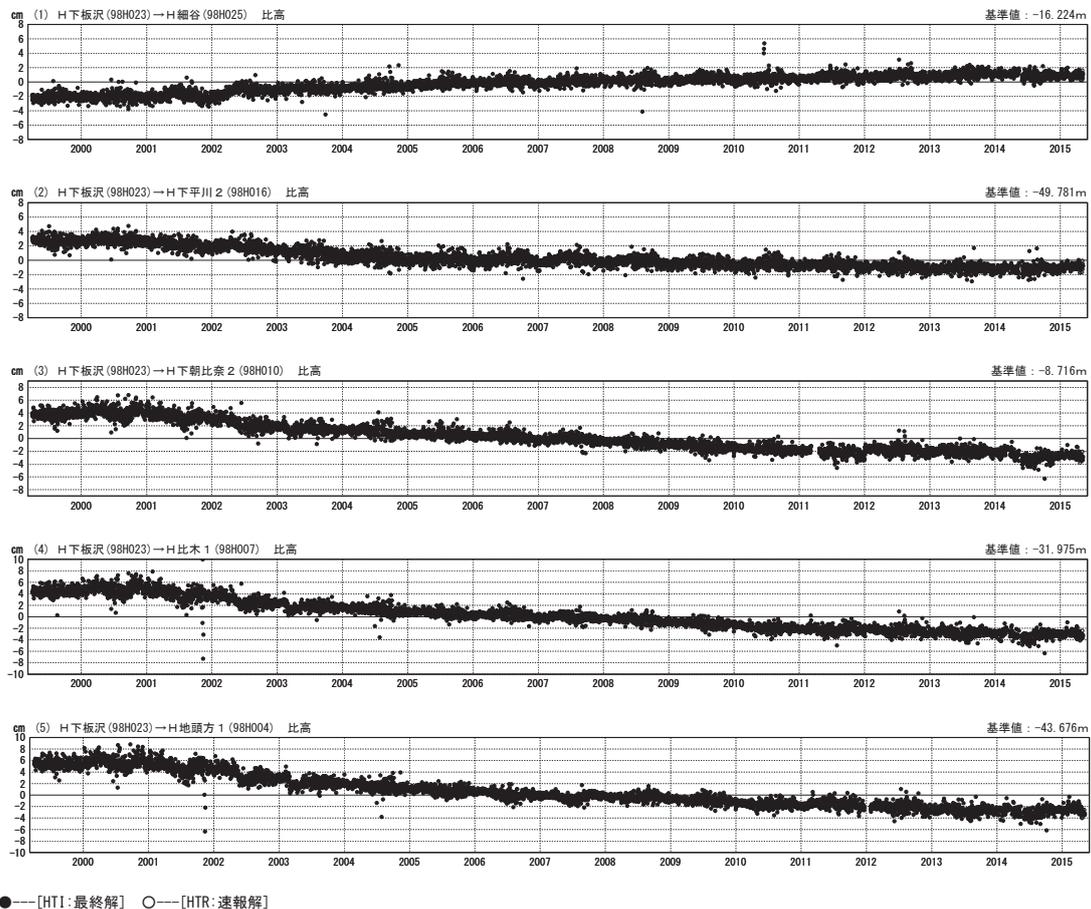
点番号	点名	日付	保守内容
98H025	H細谷	2008/01/11	受信機交換
		2008/01/29	アンテナ交換
		2014/05/28	アンテナ交換・レドーム交換 受信機交換
98H023	H下板沢	2008/06/17	周辺伐採
		2014/05/27	アンテナ交換・レドーム交換 受信機交換
98H016	H下平川2	2014/05/27	アンテナ交換・レドーム交換 受信機交換
98H010	H下朝比奈2	2014/05/27	アンテナ交換・レドーム交換 受信機交換
98H007	H比木1	2008/03/15	レドーム閉鎖
		2014/05/26	アンテナ交換・レドーム交換 受信機交換
98H004	H地頭方1	2004/02/19	周辺伐採
		2007/01/10	レドーム閉鎖
		2011/08/24	周辺伐採
		2014/05/26	アンテナ交換・レドーム交換

第 8 図 a 御前崎地域の高精度比高観測 GNSS 観測結果 (基線図)

Fig. 8a Results of high precision vertical GNSS measurements in Omazaki region (Baseline map).

比高変化グラフ

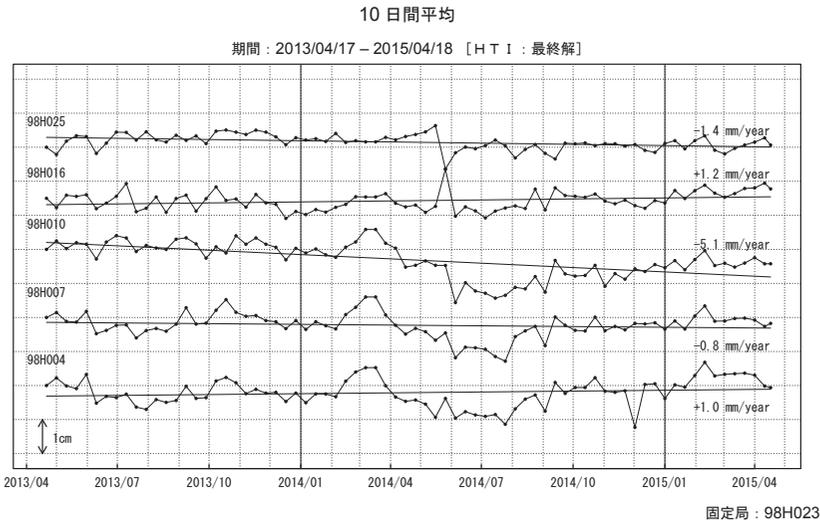
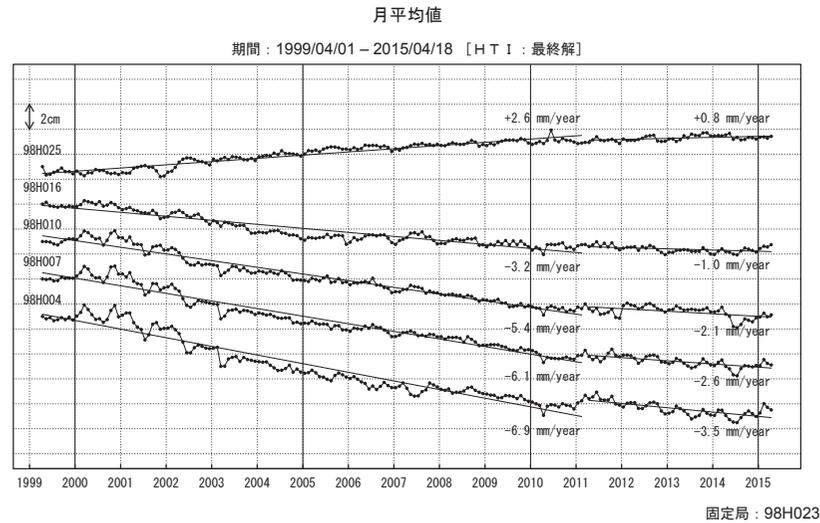
期間: 1999/04/01~2015/05/08 JST



第 8 図 b 御前崎地域の高精度比高観測 GNSS 観測結果

Fig. 8b Time series of the height change in precision vertical GNSS measurements sites in Omazaki region.

高精度比高観測による比高変化 月平均値・10日間平均

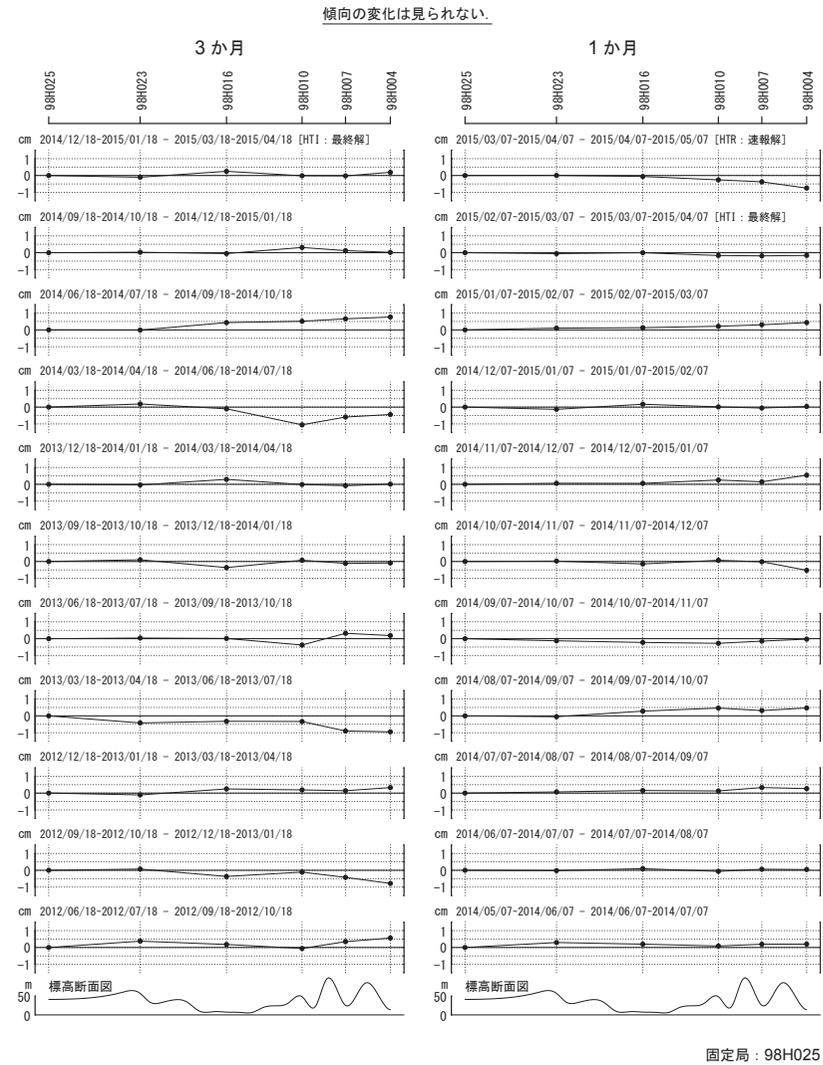


- ・プロット位置は平均を求めた期間の中央。
- ・最新のプロット点は月平均値は04/01~04/18、10日間平均は04/17~04/18の平均。
- ・月平均値は、2011年3月11日発生した東北地方太平洋沖地震前後で期間を分けて回帰モデルを作成している。

第9図 御前崎地域の高精度比高観測 GNSS 観測結果
(1ヶ月間及び10日間移動平均・時系列)

Fig. 9 Results of high precision vertical GNSS measurements in Omaezaki region
(Time series of 1 month and 10 days running mean).

高精度比高観測点の上下変動 3か月・1か月

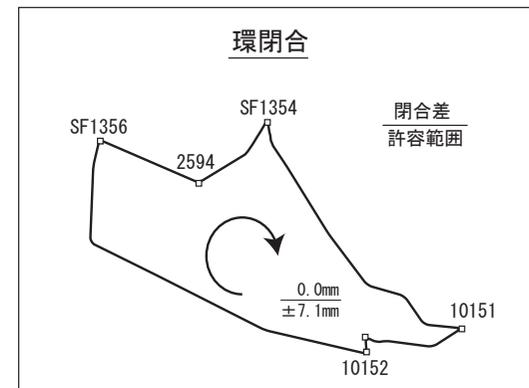
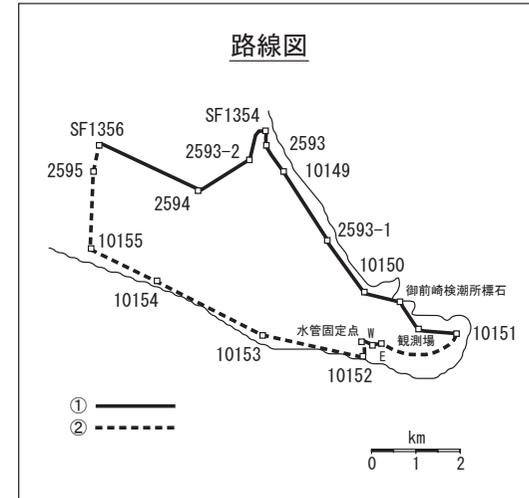
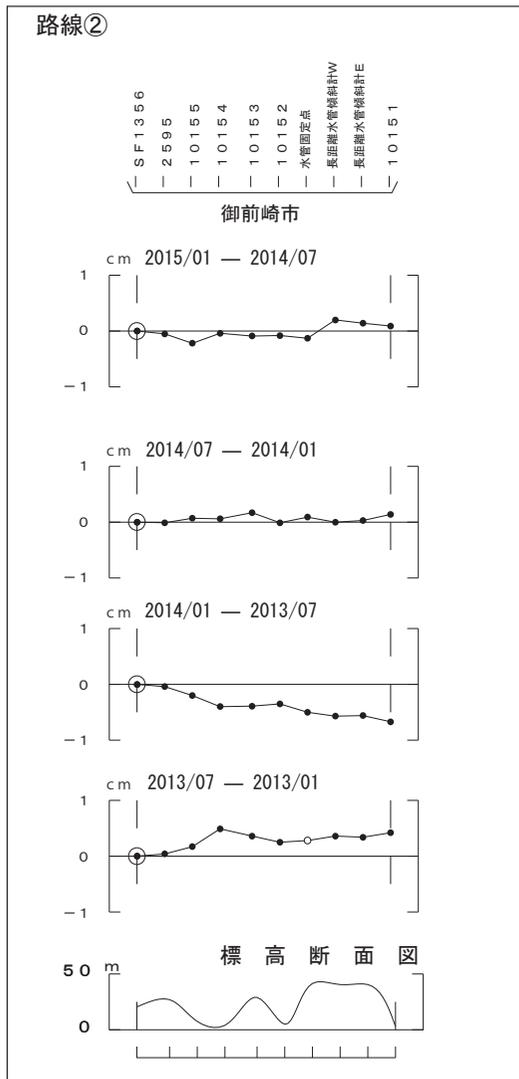
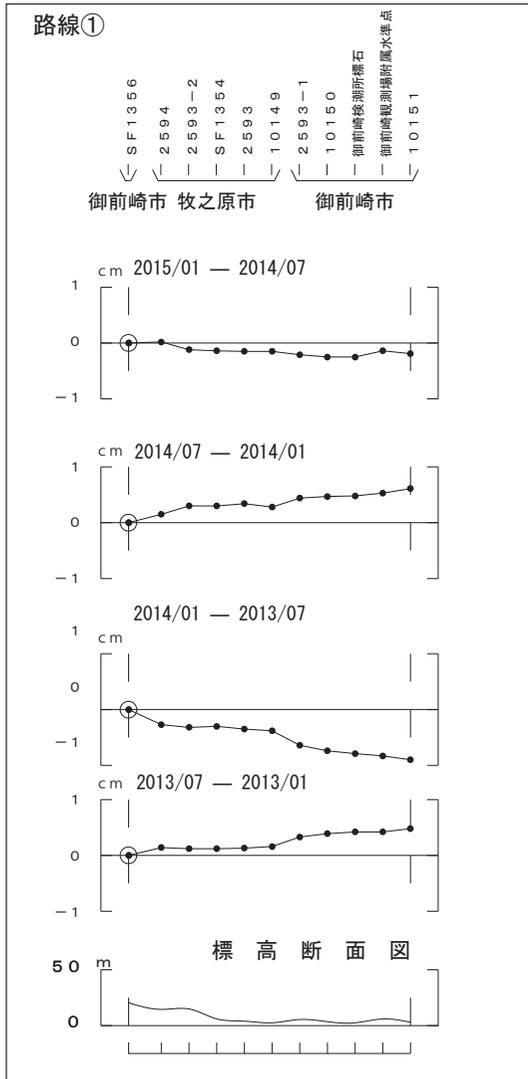


第10図 御前崎地域の高精度比高観測 GNSS 観測結果
(点毎の3ヶ月間及び1ヶ月間の変動量)

Fig. 10 Results of high precision vertical GNSS measurements in Omaezaki region
(Height change every three months and 1 month at each site).

御前崎地方の上下変動 (1)

傾向に変化は見られない。

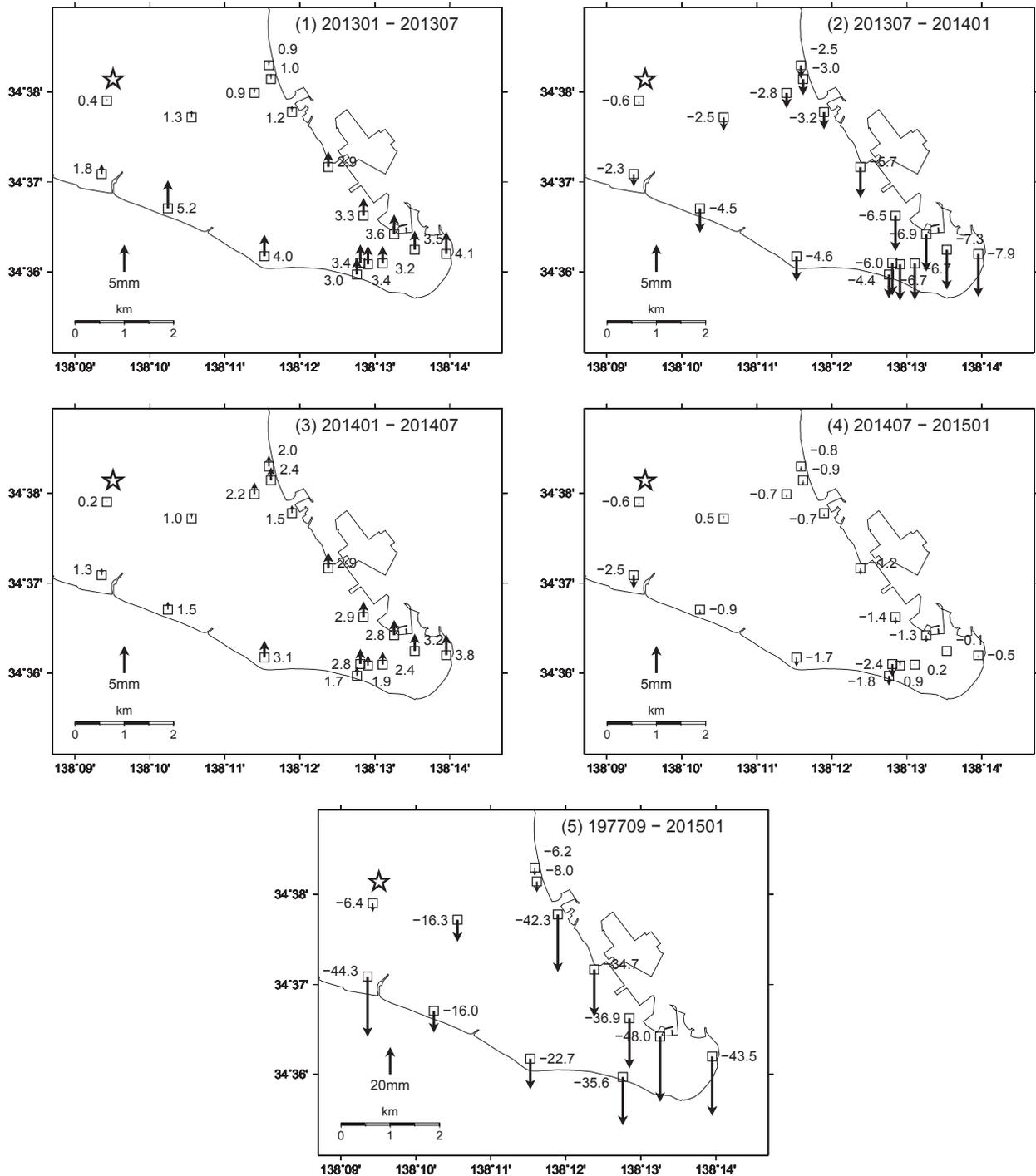


第 11 図 水準測量による御前崎先端部の上下変動 (1)

Fig. 11 Vertical crustal deformation by the precise leveling survey around Omaezaki (1/2).

御前崎地方の上下変動 (2)

傾向に変化は見られない。



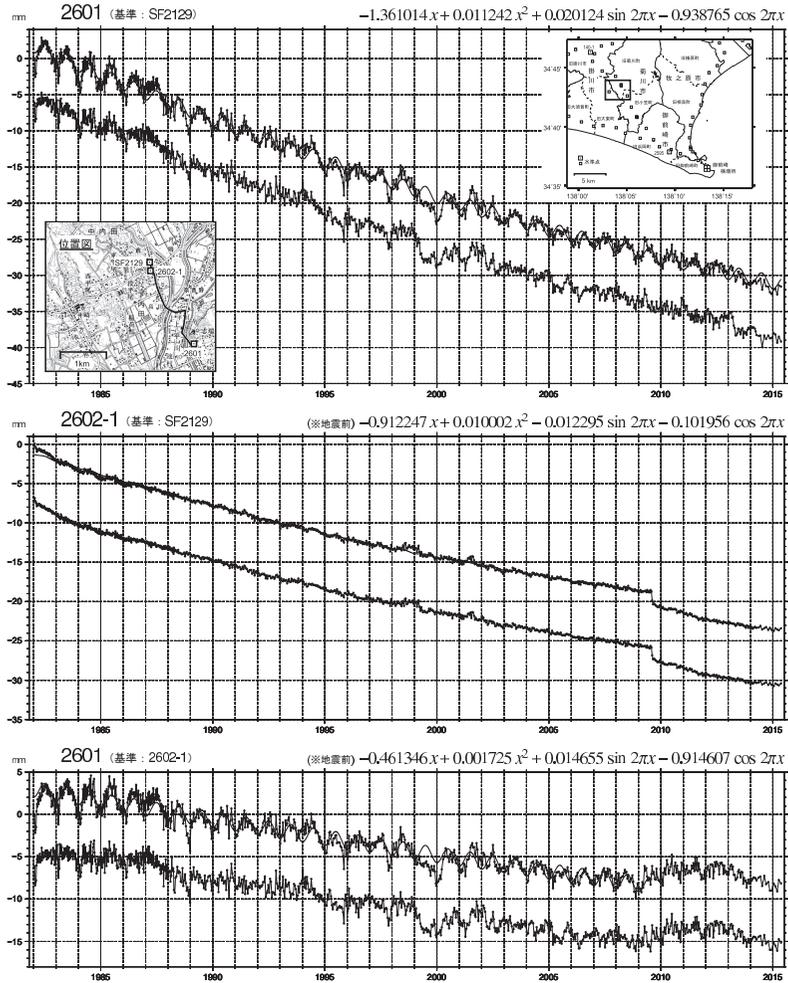
☆基準：SF1356 (御前崎市)

第 12 図 水準測量による御前崎先端部の上下変動 (2)

Fig. 12 Vertical crustal deformation by the precise leveling survey around Omazaki (2/2).

菊川市付近の水準測量結果 (1)
水準点 2602-1 と 2601 の経年変化

上段：観測値および近似曲線 下段：年周補正後 最新データ：2015年5月13日



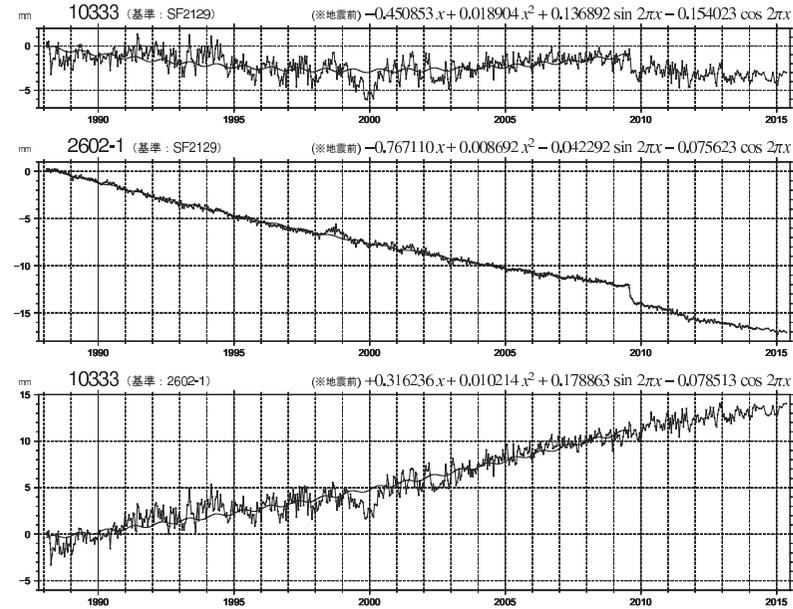
・水準点 2602-1 を含むグラフは、2009/08/11 駿河湾の地震でステップが生じたため、地震前までのデータについて近似曲線を計算し年周成分を補正している。地震後のデータは年周成分を補正していない。

第 13 図 静岡県による短距離水準測量結果 (1) : 準基 2129 を基準とした 2602-1 及び 2601 の高さの経年変化

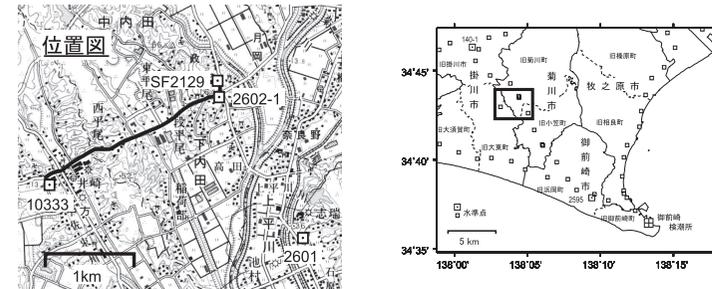
Fig. 13 Results of short distance leveling (1): Time series of height changes of benchmarks of BM2602-1 and BM2601 as referred to SF2129. Original data are provided by the Prefectural Government of Shizuoka.

菊川市付近の水準測量結果 (2)
水準点 2602-1 と 10333 の経年変化

最新データ：2015年5月13日



・2009/08/11 駿河湾の地震でステップが生じたため、地震前までのデータについて近似曲線を計算している。

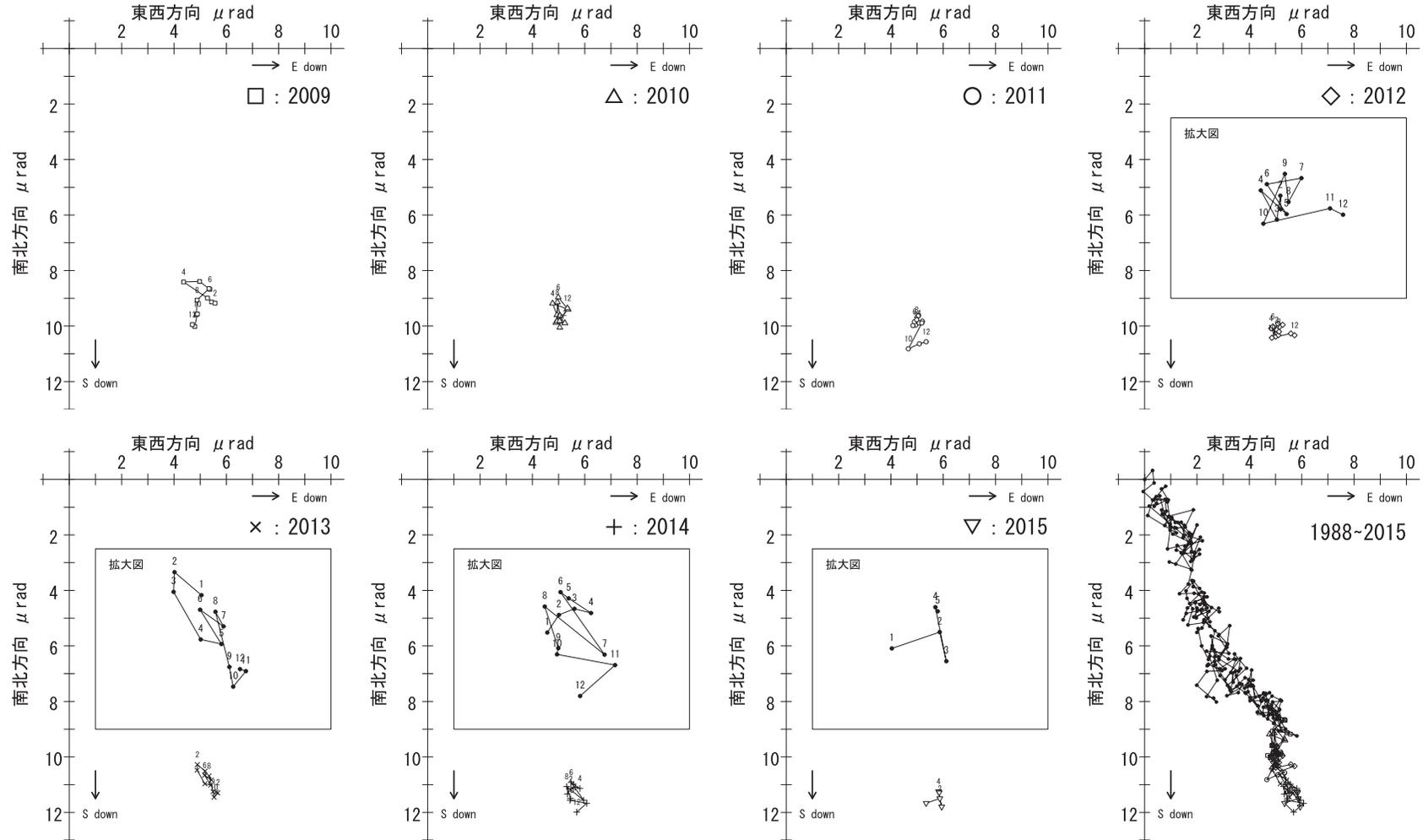


第 14 図 静岡県による短距離水準測量結果 (2) : 準基 2129 を基準とした 2602-1 及び 10333 の高さの経年変化

Fig. 14 Results of short distance leveling (2): Time series of height changes of benchmarks of BM2602-1 and BM10333 as referred to SF2129. Original data are provided by the Prefectural Government of Shizuoka.

菊川市付近の水準測量結果 (3)
水準測量 (10333 及び 2601) による傾斜ベクトル

基準 : SF2129 基準年 : 1988 年 05 月

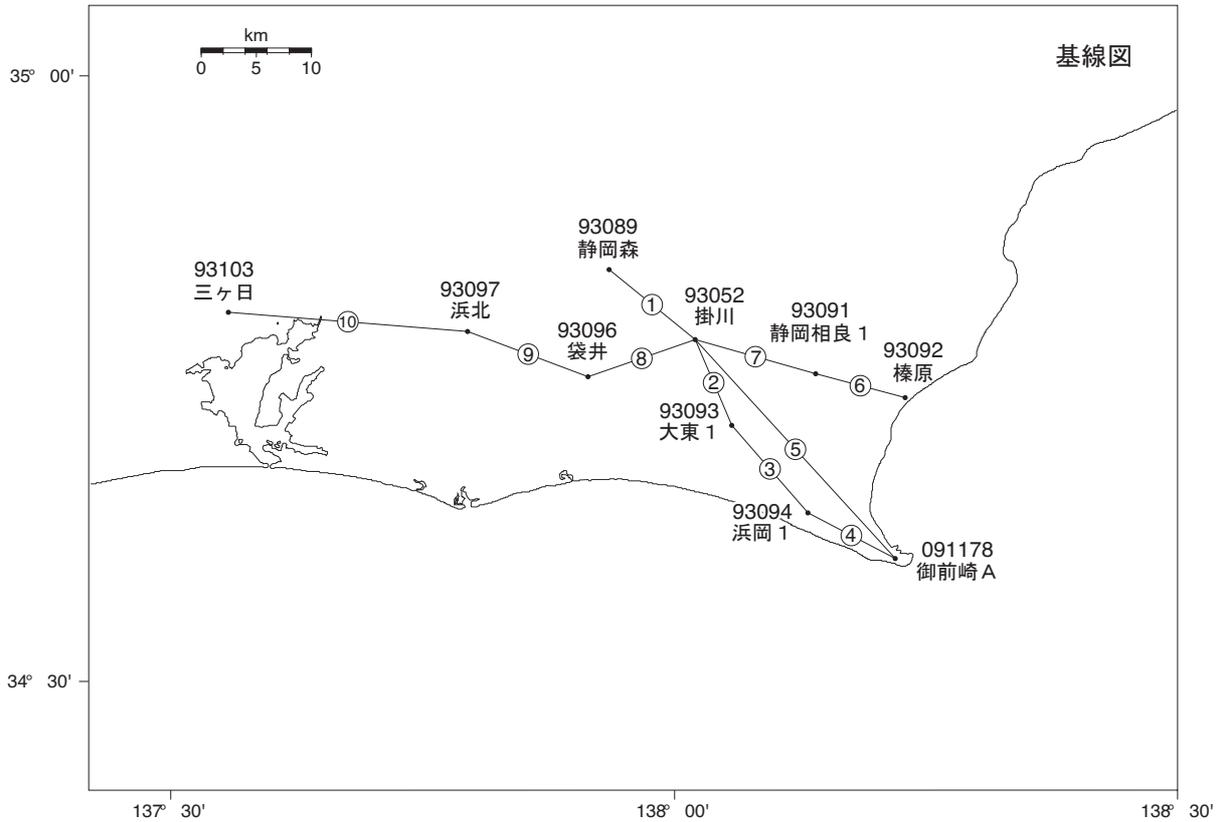


・ 2014 年 3 月までのプロット点は月平均値による。

第 15 図 静岡県による短距離水準測量結果 (3)

Fig. 15 Results of short distance leveling (3): Vector representations of tilt derived from leveling data in (1) and (2). Original data are provided by the Prefectural Government of Shizuoka.

御前崎周辺 GNSS 連続観測時系列 (1)



御前崎周辺地区の各観測局情報

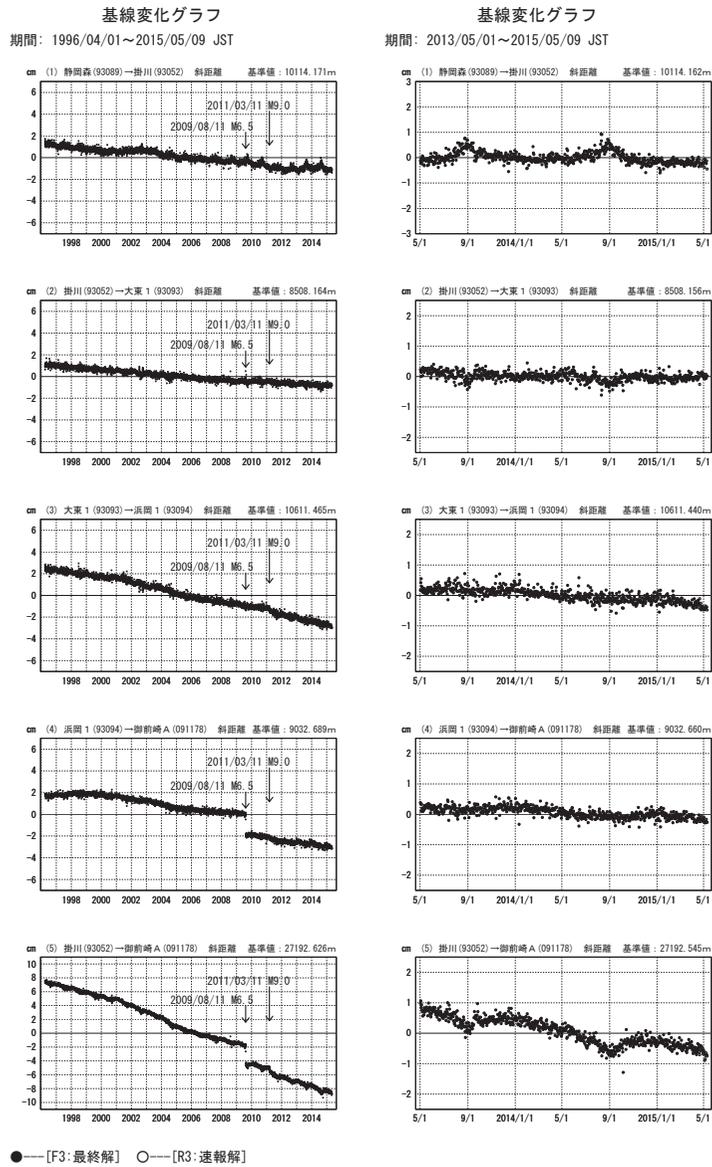
点番号	点名	日付	保守内容
93052	掛川	2003/02/12	レドーム設置
		2003/05/12	アンテナ交換
		2008/07/25	受信機交換
		2010/02/24	レドーム開閉
		2012/11/20	アンテナ更新
93089	静岡森	2003/02/13	レドーム設置
		2003/05/15	アンテナ交換
		2003/09/09	周辺伐採
		2012/11/19	アンテナ更新
		93093	大東 1
93094	浜岡 1	2003/02/10	レドーム設置
		2003/05/16	アンテナ交換
		2010/02/23	レドーム開閉
		2012/11/22	アンテナ更新
		091178	御前崎 A
2003/02/28	アンテナ交換		
2010/03/24	移転(御前崎→御前崎 A)		
2012/11/28	アンテナ更新		
93091	静岡相良 1		
		2003/02/12	レドーム設置
		2003/03/07	アンテナ交換
		2008/01/30	受信機交換
		2012/11/22	アンテナ更新
		93092	榛原
2002/10/07	周辺伐採		
2003/02/11	レドーム設置		
2003/03/03	アンテナ交換		
2003/09/09	周辺伐採		
2012/11/21	アンテナ更新		
93096	袋井	2003/02/15	レドーム設置
		2003/03/03	アンテナ交換
		2003/05/20	アンテナ高変更
		2003/11/21	レドーム開閉
		2011/01/12	レドーム開閉
		2012/11/19	アンテナ更新
93097	浜北	2003/02/14	レドーム設置
		2003/02/28	アンテナ交換
		2010/02/25	レドーム開閉
		2012/11/15	アンテナ更新
		93103	三ヶ日
2003/05/19	アンテナ交換		
2010/03/04	レドーム開閉		
2012/11/13	アンテナ更新		

※2003/3/5に基準局92110(つくば1)のアンテナおよびレドームの交換を実施し、解析値に補正をしています。

第 16 図 御前崎周辺 GNSS 連続観測点観測結果 (基線図及び保守状況)

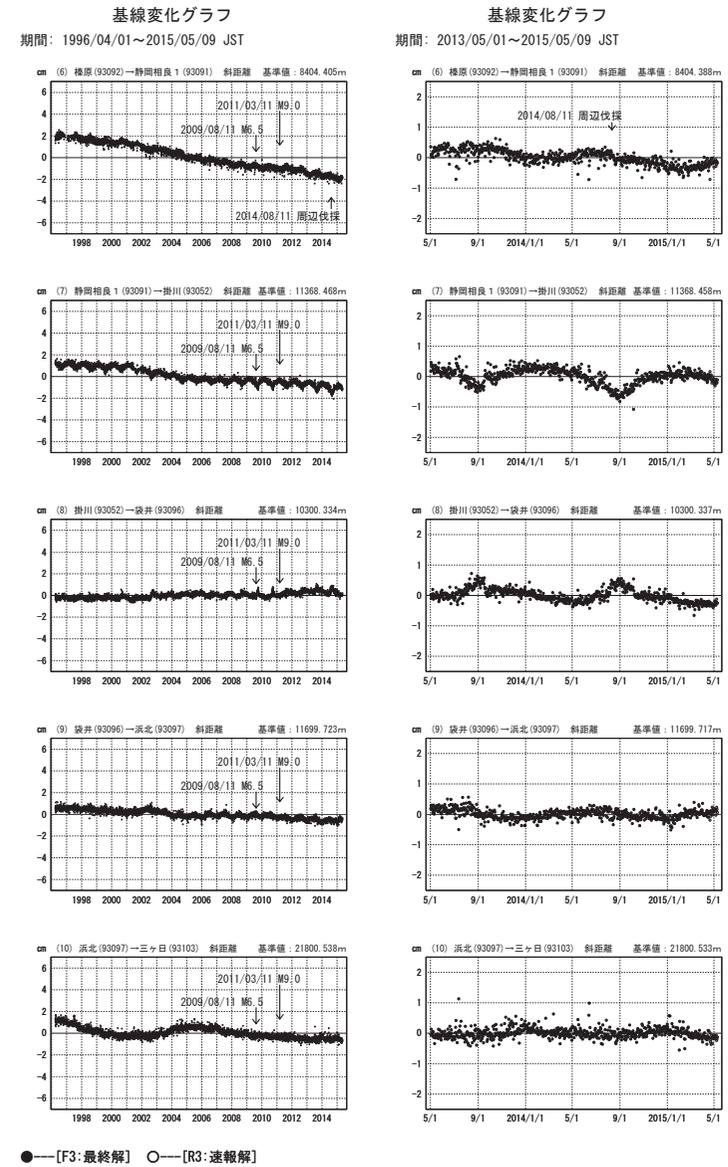
Fig. 16 Results of continuous GNSS measurements in the Omaezaki region (baseline map and history of maintenance).

御前崎周辺 GNSS 連続観測時系列 (2)



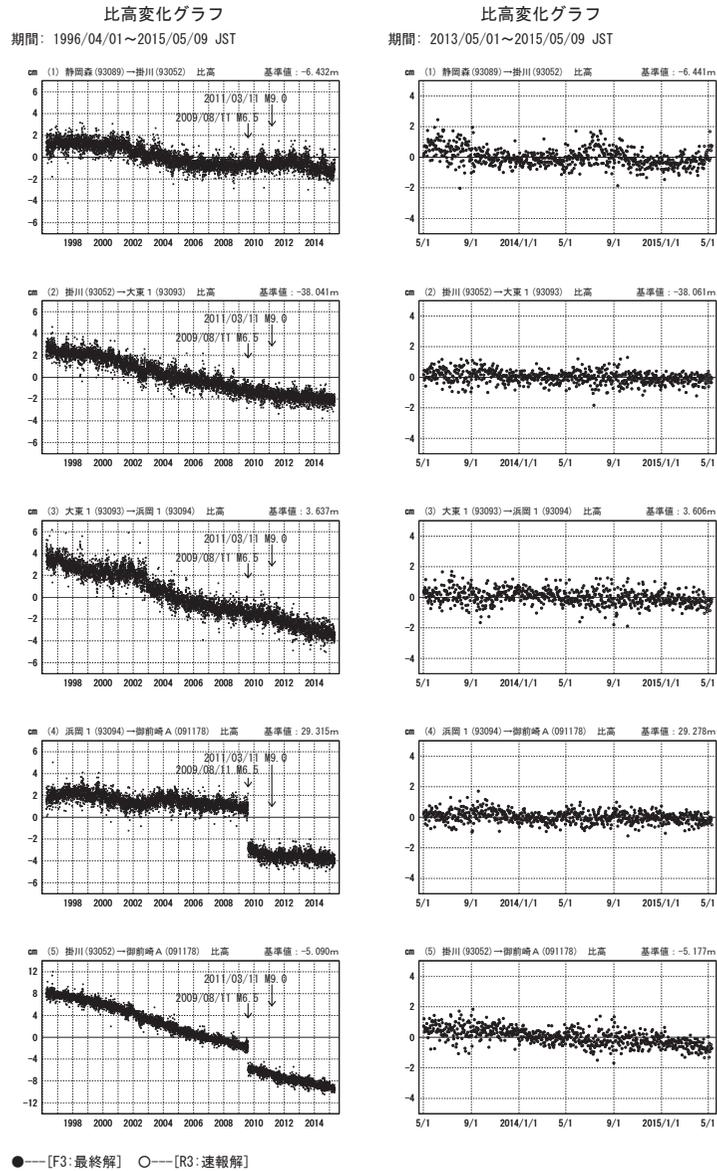
第 17 図 御前崎周辺 GNSS 連続観測点観測結果 (斜距離)
Fig. 17 Results of continuous GNSS measurements in the Omaezaki region (baseline length) (1/2).

御前崎周辺 GNSS 連続観測時系列 (3)



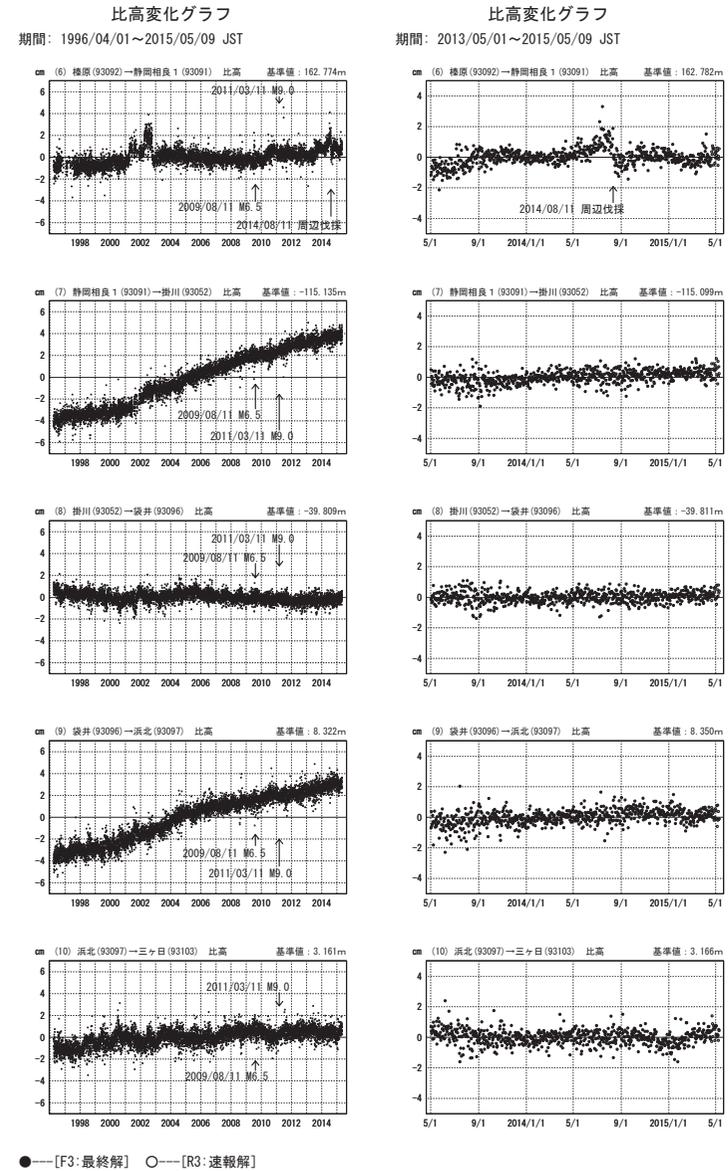
第 18 図 御前崎周辺 GNSS 連続観測点観測結果 (斜距離)
Fig. 18 Results of continuous GNSS measurements in the Omaezaki region (baseline length) (2/2).

御前崎周辺 GNSS 連続観測時系列 (4)



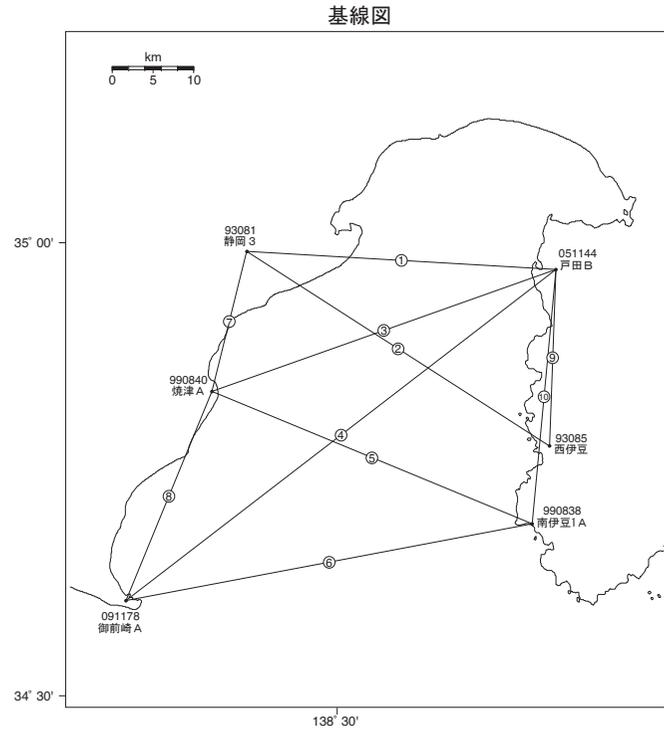
第19図 御前崎周辺GNSS 連続観測点観測結果 (比高)
Fig. 19 Results of continuous GNSS measurements in the Omaezaki region (relative height) (1/2).

御前崎周辺 GNSS 連続観測時系列 (5)



第20図 御前崎周辺 GNSS 連続観測点観測結果 (比高)
Fig. 20 Results of continuous GNSS measurements in the Omaezaki region (relative height) (2/2).

駿河湾周辺 GNSS連続観測時系列 (1)



駿河湾周辺の各観測局情報

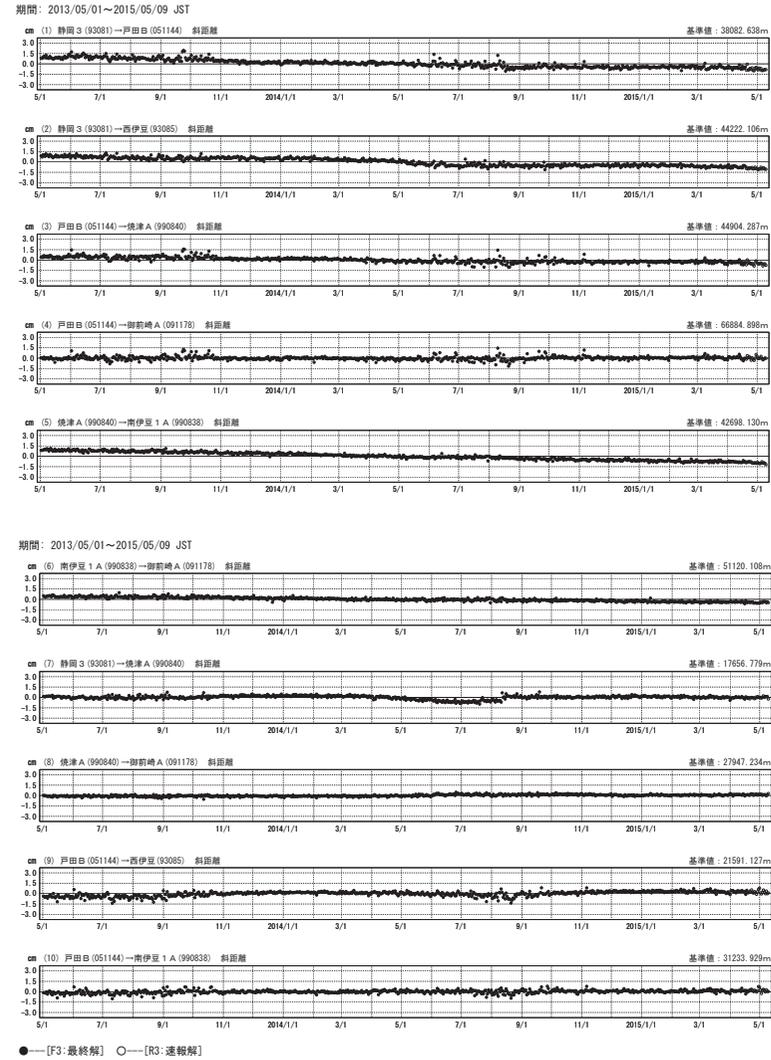
点番号	点名	日付	保守内容
93081	静岡3	2014/08/11	周辺伐採
990840	焼津A	2014/06/04	周辺伐採

第 21 駿河湾周辺 GNSS 連続観測点観測結果 (基線図及び保守状況)
 Fig. 21 Results of continuous GNSS measurements around the Suruga Bay (Baseline map and history of maintenance).

駿河湾周辺 GNSS連続観測時系列 (2)

基線変化グラフ

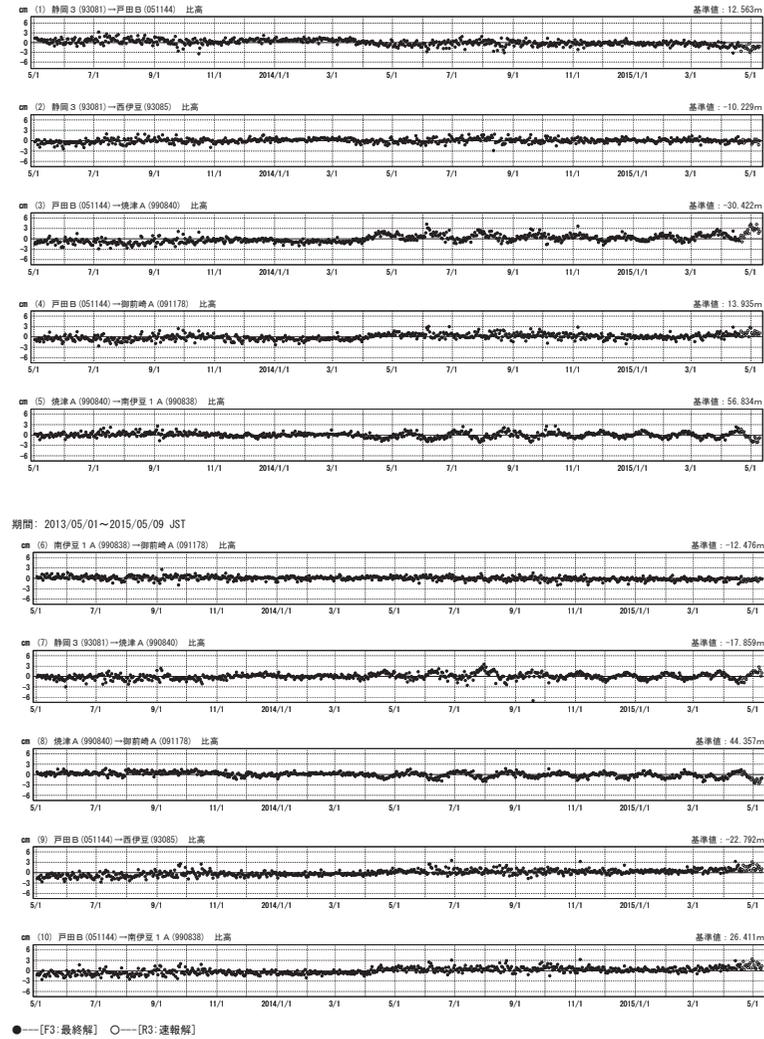
特段の変化は見られない。



第 22 駿河湾周辺 GNSS 連続観測点観測結果 (斜距離)
 Fig. 22 Results of continuous GNSS measurements around the Suruga Bay (baseline length).

駿河湾周辺 GNS S連続観測時系列 (3)
比高変化グラフ

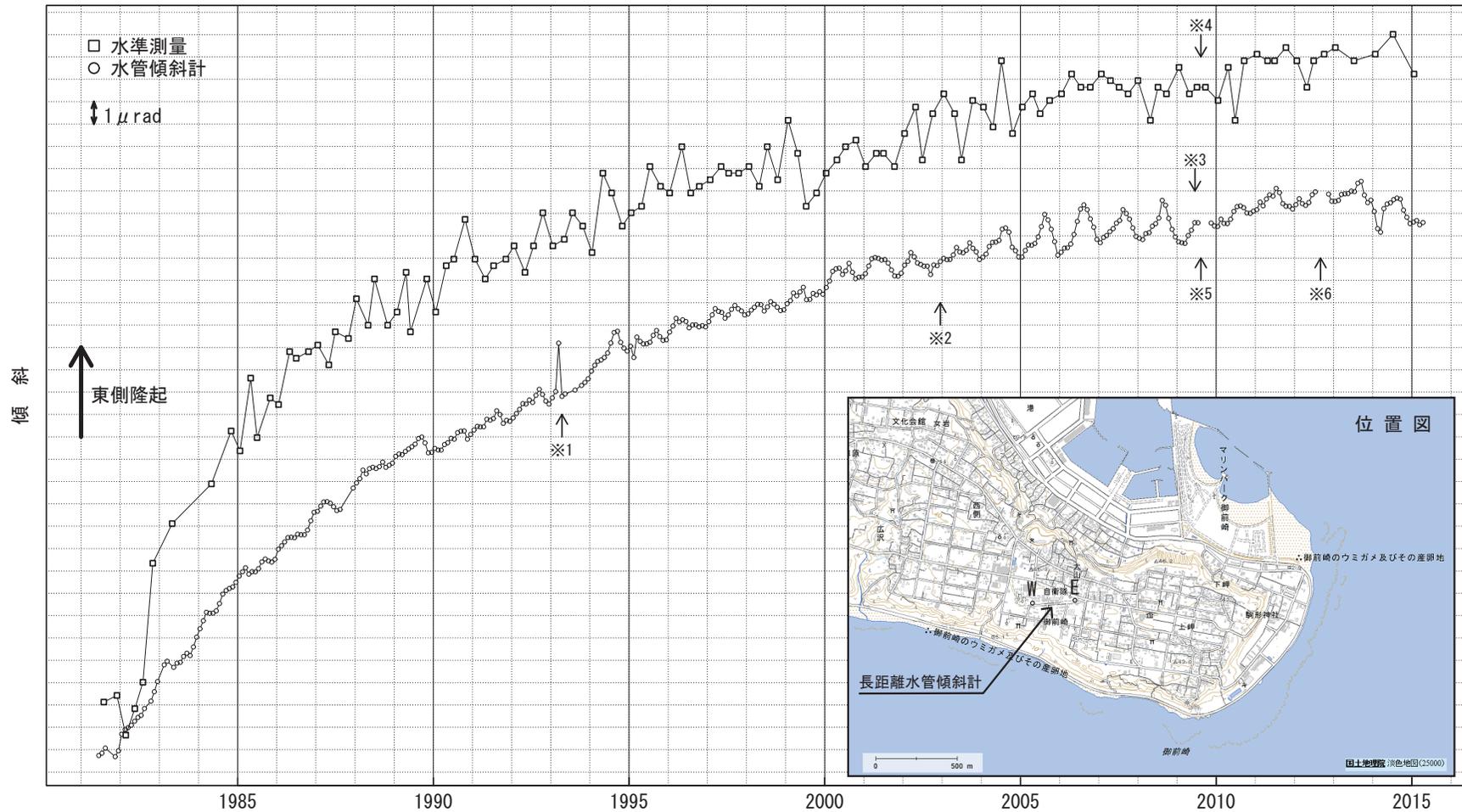
期間: 2013/05/01~2015/05/09 JST



第 23 図 駿河湾周辺 GNSS 連続観測点観測結果 (比高)
Fig. 23 Results of continuous GNSS measurements around the Suruga Bay (relative height).

御前崎長距離水管傾斜計月平均 (E-W)

長期的な東側隆起の傾向が見える。



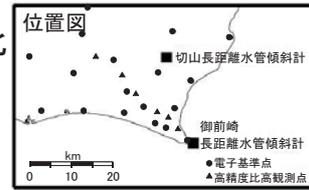
- ※ 1 1993年4月 東側局舎にエアコンを設置。
- ※ 2 2002年12月 両局舎の建て替え。
- ※ 3 2009年6月 西側局舎にエアコンを設置。
- ※ 4 2009年8月11日 駿河湾の地震による跳びを補正。
- ※ 5 2009年8~10月 センサー感度不良のため欠測。2009年8月11日に発生した駿河湾の地震前後のデータに連続性は無い。
- ※ 6 2012年8月14~10月18日 機器異常のため欠測。期間前後のデータに連続性は無い。

第 24 図 御前崎長距離水管傾斜計による傾斜観測結果
 Fig. 24 Results of tilt observation measured by long water tube tiltmeter at Omaezaki.

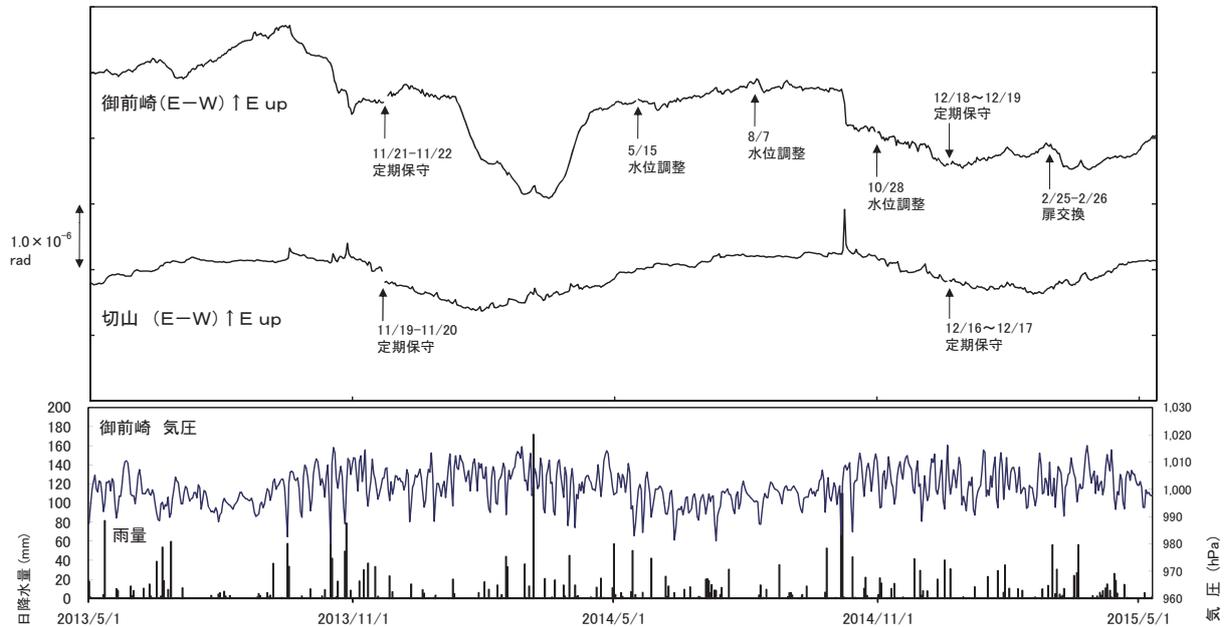
長距離水管傾斜計による傾斜変化

特段の変化は見られない

(日平均値)



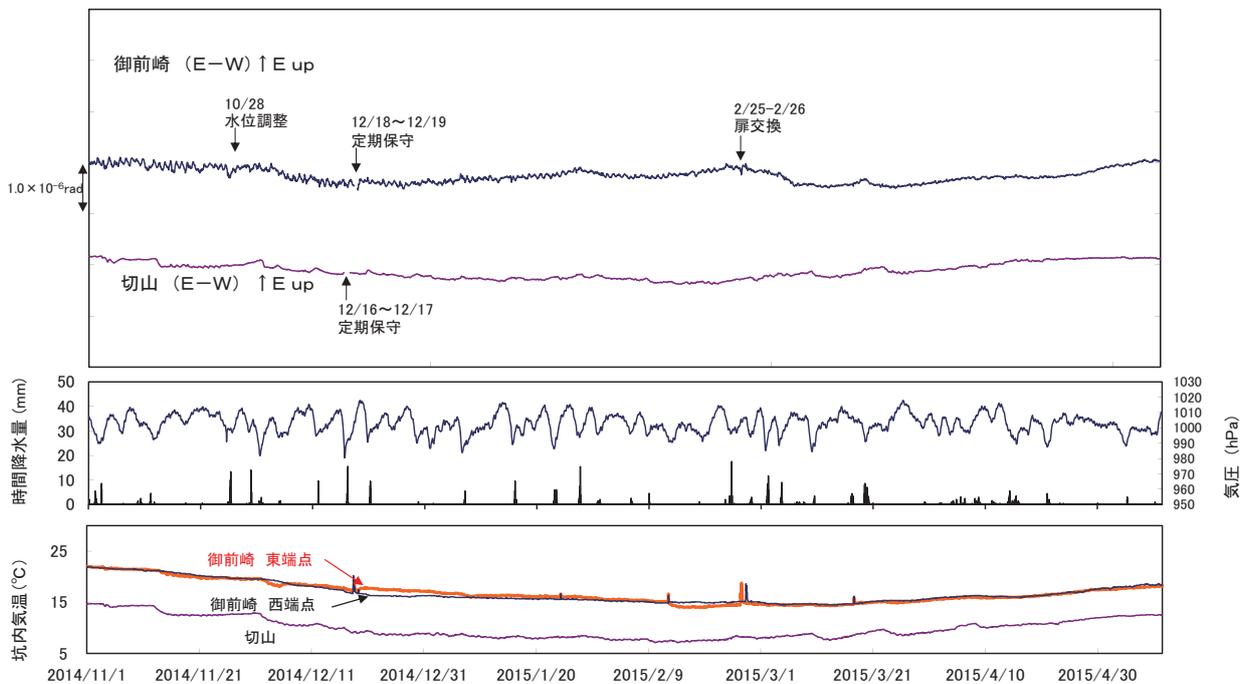
2013年5月1日 ~ 2015年5月10日



(時間平均値)

Baytap-GIにより解析

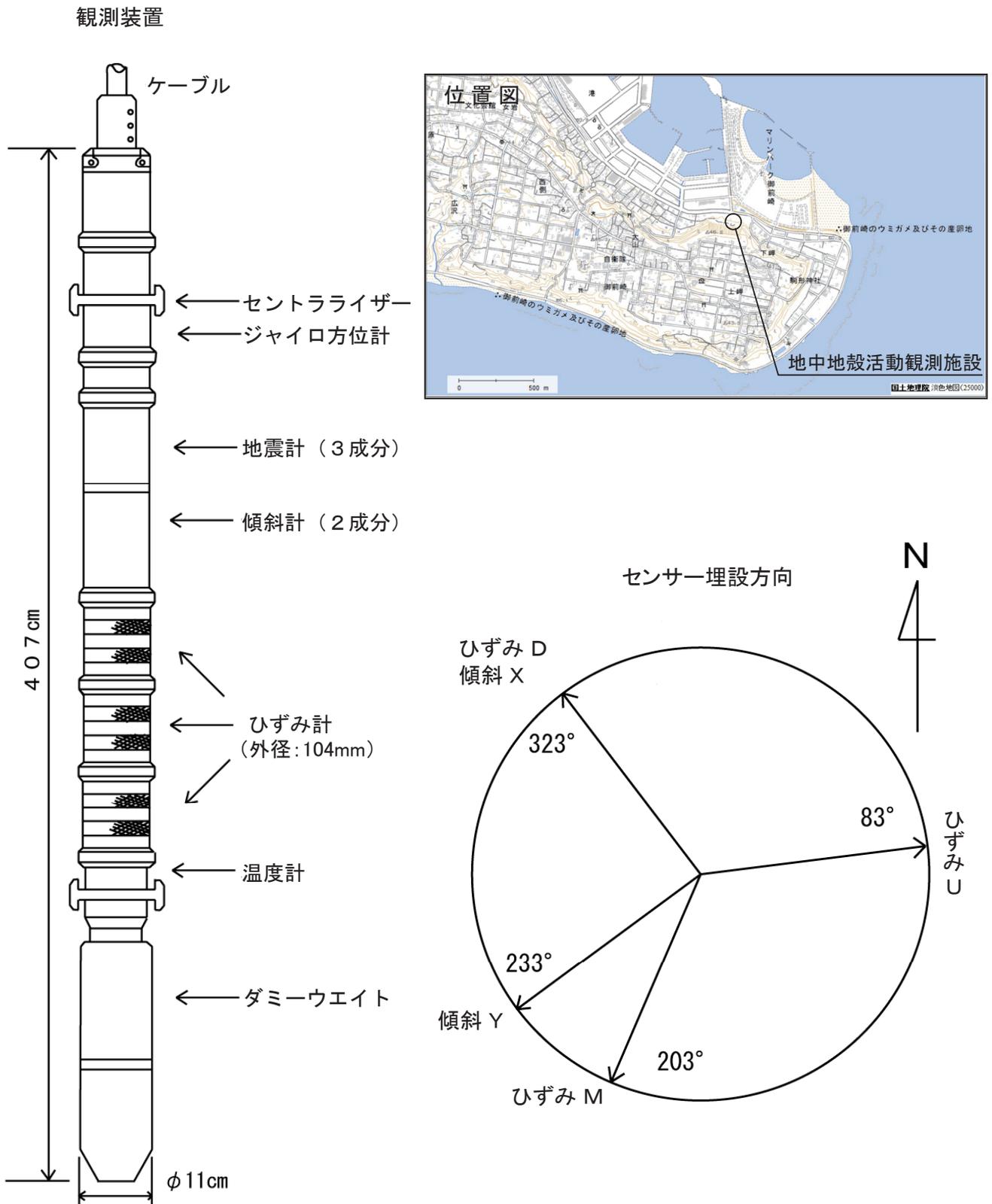
2014年11月1日 ~ 2015年5月11日12時



第 25 図 御前崎長距離水管傾斜計及び切山長距離水管傾斜計による傾斜観測結果

Fig. 25 Results of tilt observation measured by long water tube tiltmeter at Omazaki and Kiriyama.

御前崎地中地殻活動観測施設

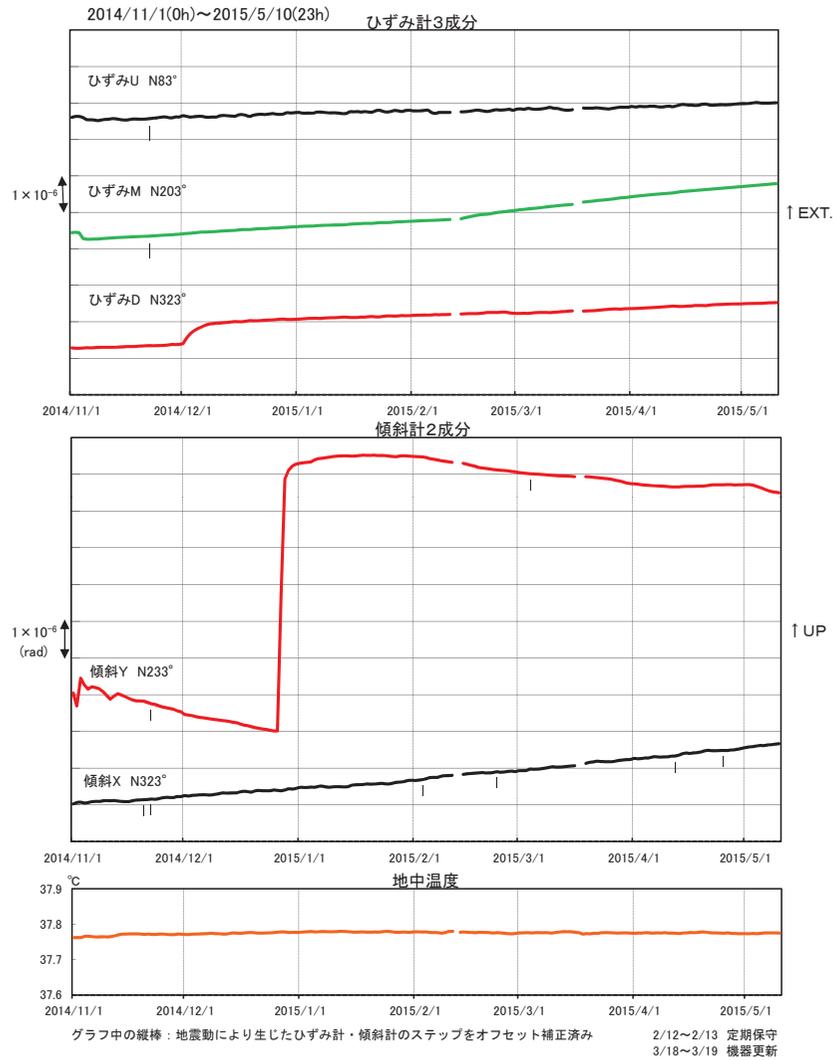


第 26 図 御前崎地中地殻活動監視装置による連続観測結果 (観測点概観)

Fig. 26 Results of continuous measurements of tilt and strain in the Omazaki deep borehole (General view of observation site and sensor).

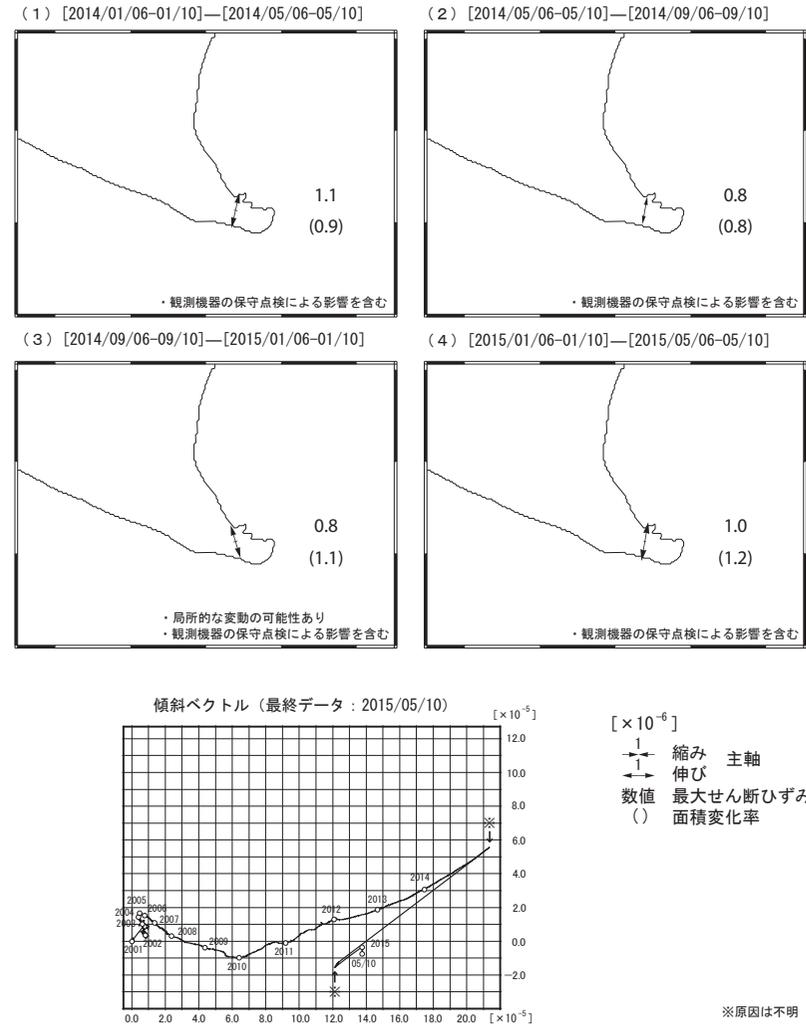
御前崎地中地殻活動観測施設 ひずみ・傾斜(日平均値)
(観測点名: 御前崎下岬)

特段の変化は見られない



第 27 図 御前崎地中地殻活動監視装置による連続観測結果 (日平均値)
Fig. 27 Results of continuous measurements of tilt and strain the Omaezaki deep borehole (Daily mean value).

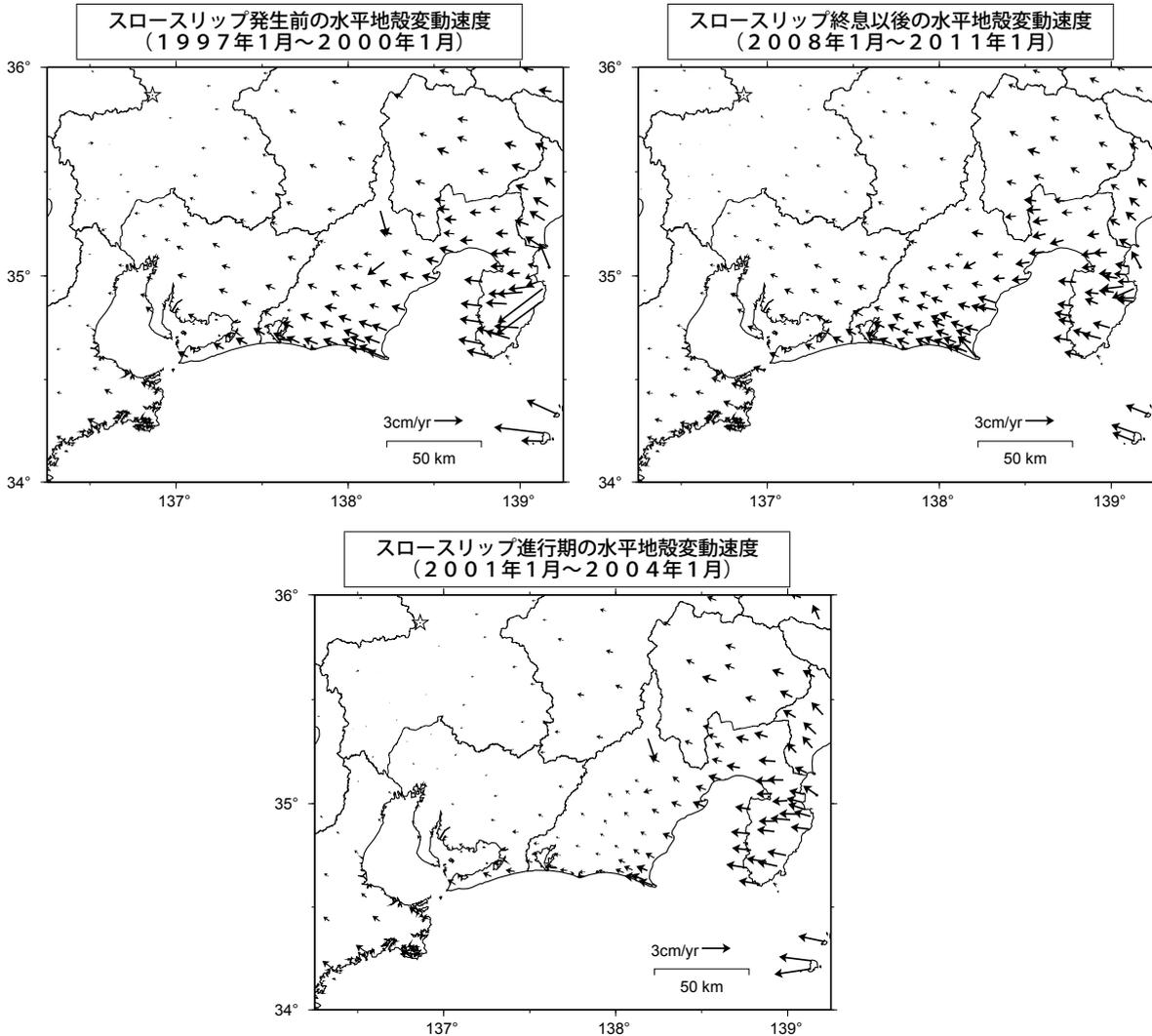
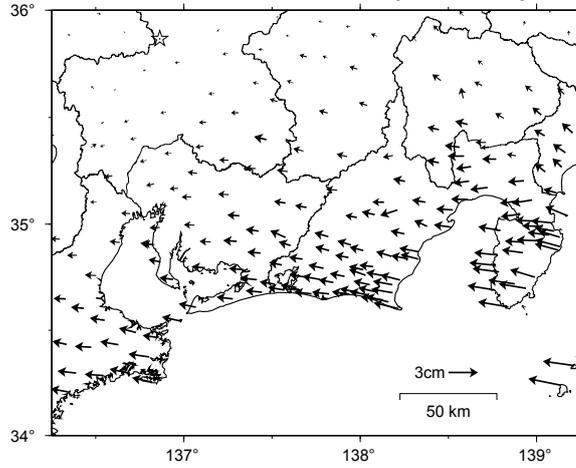
御前崎地中地殻活動観測施設による水平ひずみ及び傾斜ベクトル
(観測点名: 御前崎下岬)



第 28 図 御前崎地中地殻活動監視装置による連続観測結果 (水平歪および傾斜ベクトル)
Fig. 28 Results of continuous measurements of tilt and strain in the Omaezaki deep borehole (Horizontal strain and tilt vector).

東海地方の水平地殻変動【固定局：白鳥】
 (2014年5月～2015年5月)

基準期間：2014/5/2 - 2014/5/9 [F3：最終解]
 比較期間：2015/5/2 - 2015/5/9 [R3：速報解]



第 29 図 GNSS 観測による東海地方の最近 1 年間の水平変動及びスロースリップ開始前・進行期・終息後の水平変動速度（白鳥固定）

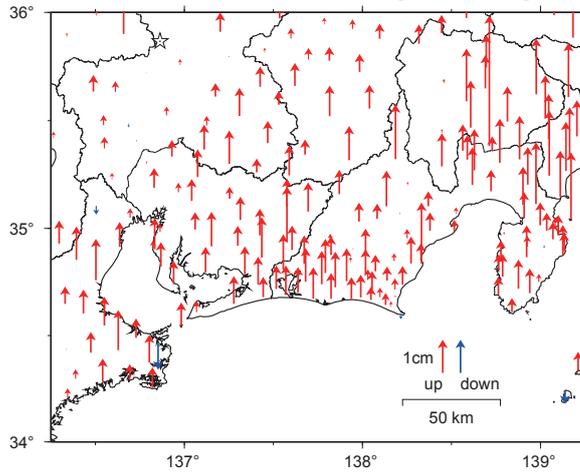
Fig. 29 Horizontal deformation of recent 1 year in the Tokai district based on GNSS measurements and horizontal deformation rates before (middle left), during (lower) and after (middle right) the Tokai slow slip (fixed Shiratori).

東海地方の上下地殻変動【固定局：白鳥】

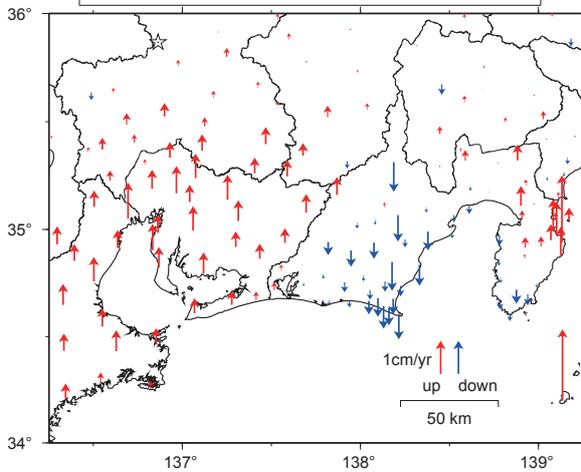
(2014 年 5 月 ~ 2015 年 5 月)

基準期間：2014/5/2 - 2014/5/9 [F3：最終解]

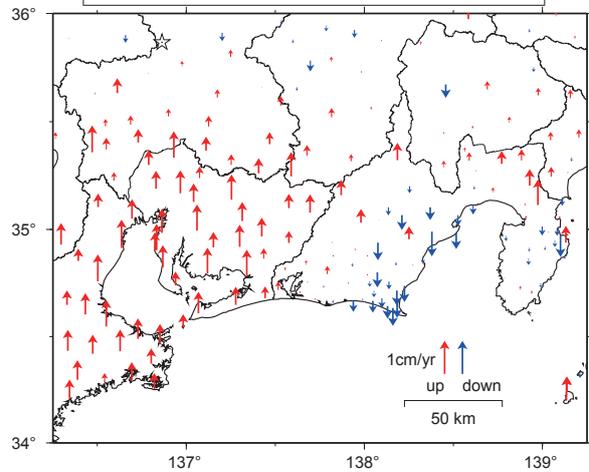
比較期間：2015/5/2 - 2015/5/9 [R3：速報解]



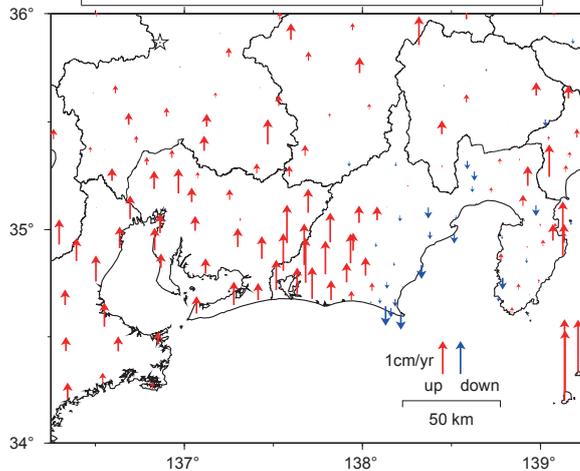
スロースリップ発生前の上下地殻変動速度
(1997年1月~2000年1月)



スロースリップ終息後の上下地殻変動速度
(2008年1月~2011年1月)



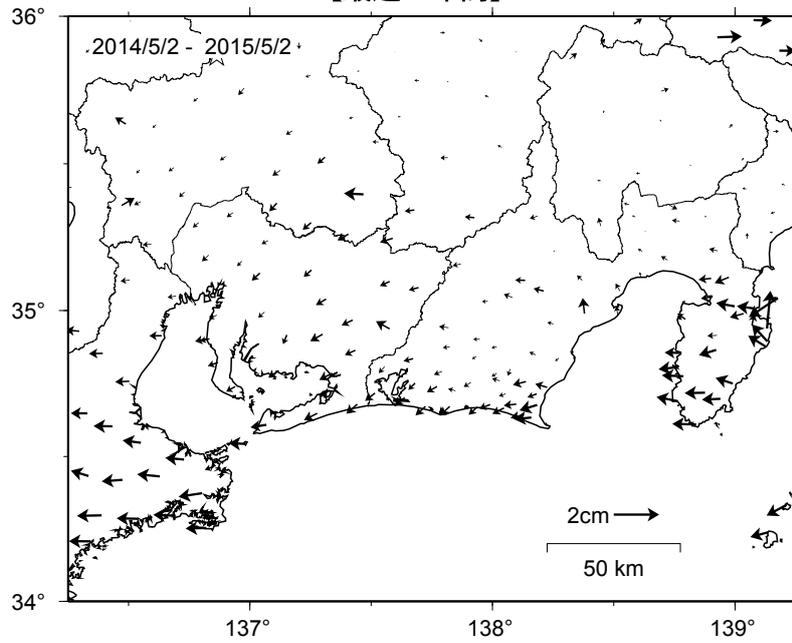
スロースリップ進行期の上下地殻変動速度
(2001年1月~2004年1月)



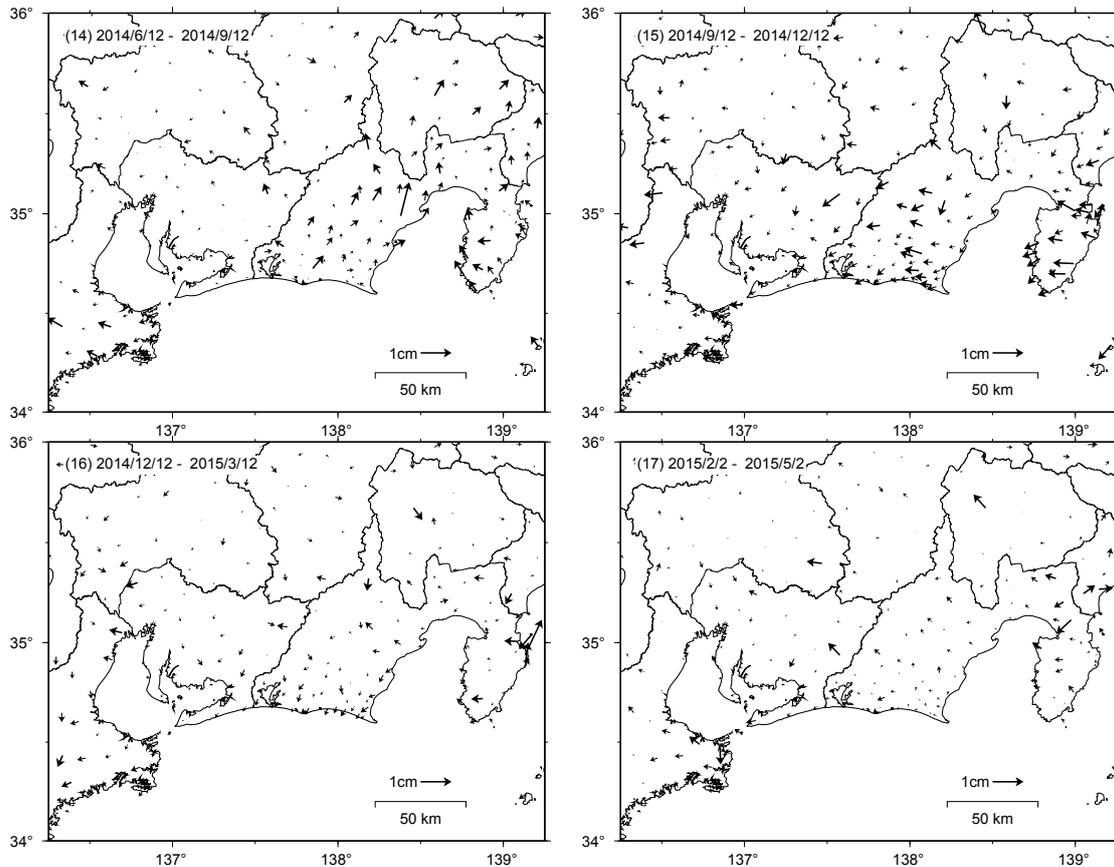
第 30 図 GNSS 観測による東海地方の最近 1 年間の水平変動及びスロースリップ開始前・進行期・終息後の上下変動速度 (白鳥固定)

Fig. 30 Vertical deformation of recent 1 year in the Tokai district based on GNSS measurements and vertical deformation rates before (middle left), during (lower) and after (middle right) the Tokai slow slip (fixed Shirotori).

東海地方の非定常水平地殻変動【固定局：白鳥】
 (2014年5月～2015年5月)
 【最近1年間】



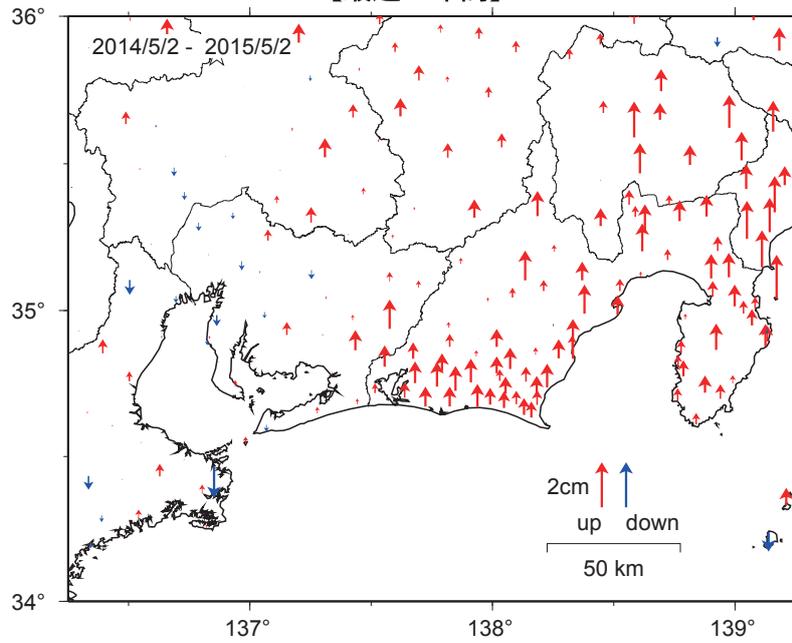
【最近1年間 3ヶ月ごと】



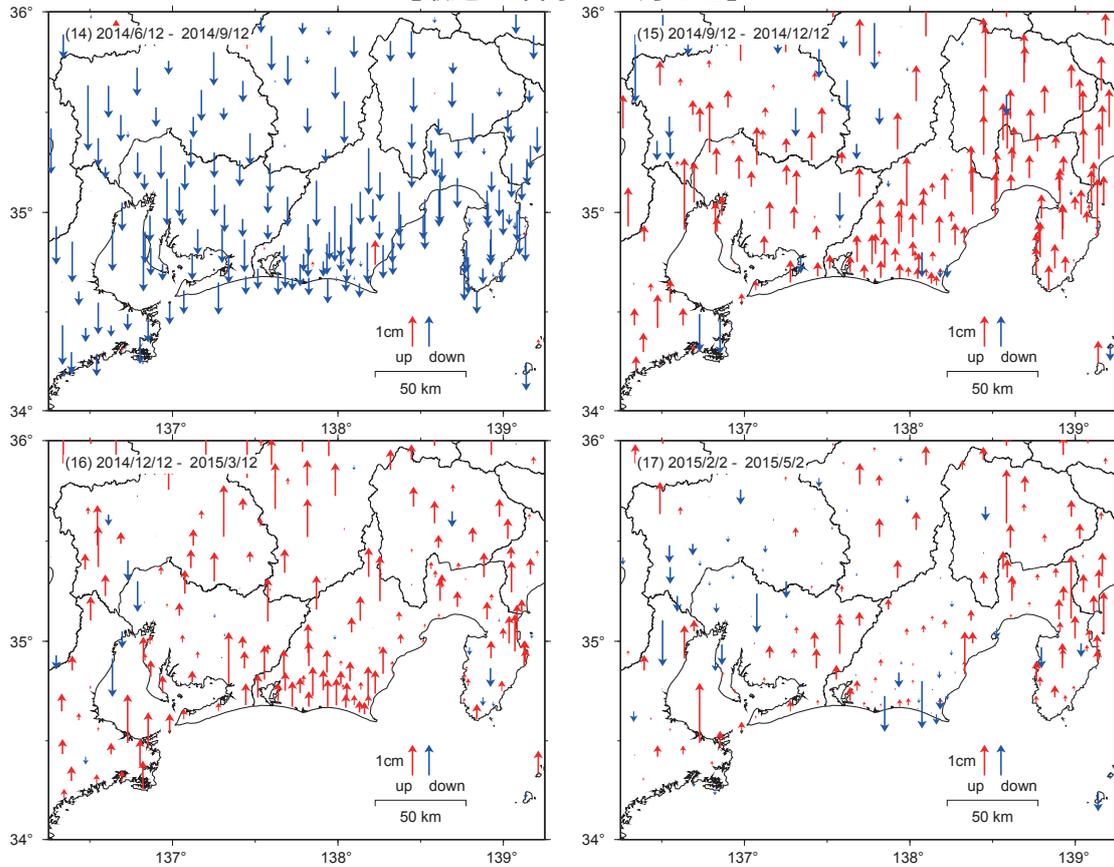
・平滑化した非定常地殻変動時系列から、1年間と3ヶ月間の変動量を表示している。
 ※非定常地殻変動時系列：
 2008年1月～2011年1月のデータから平均変動速度、年周/半年周成分を推定して、元の時系列データから除去した時系列。

第31図 GNSS観測による東海地方の最近1年間と3ヶ月ごとの非定常地殻変動（水平変動）
 Fig. 31 Transient horizontal deformation of recent 1 year and every 3 months in the Tokai district.

東海地方の非定常上下地殻変動【固定局：白鳥】
 (2014年5月～2015年5月)
 【最近1年間】



【最近1年間 3ヶ月ごと】

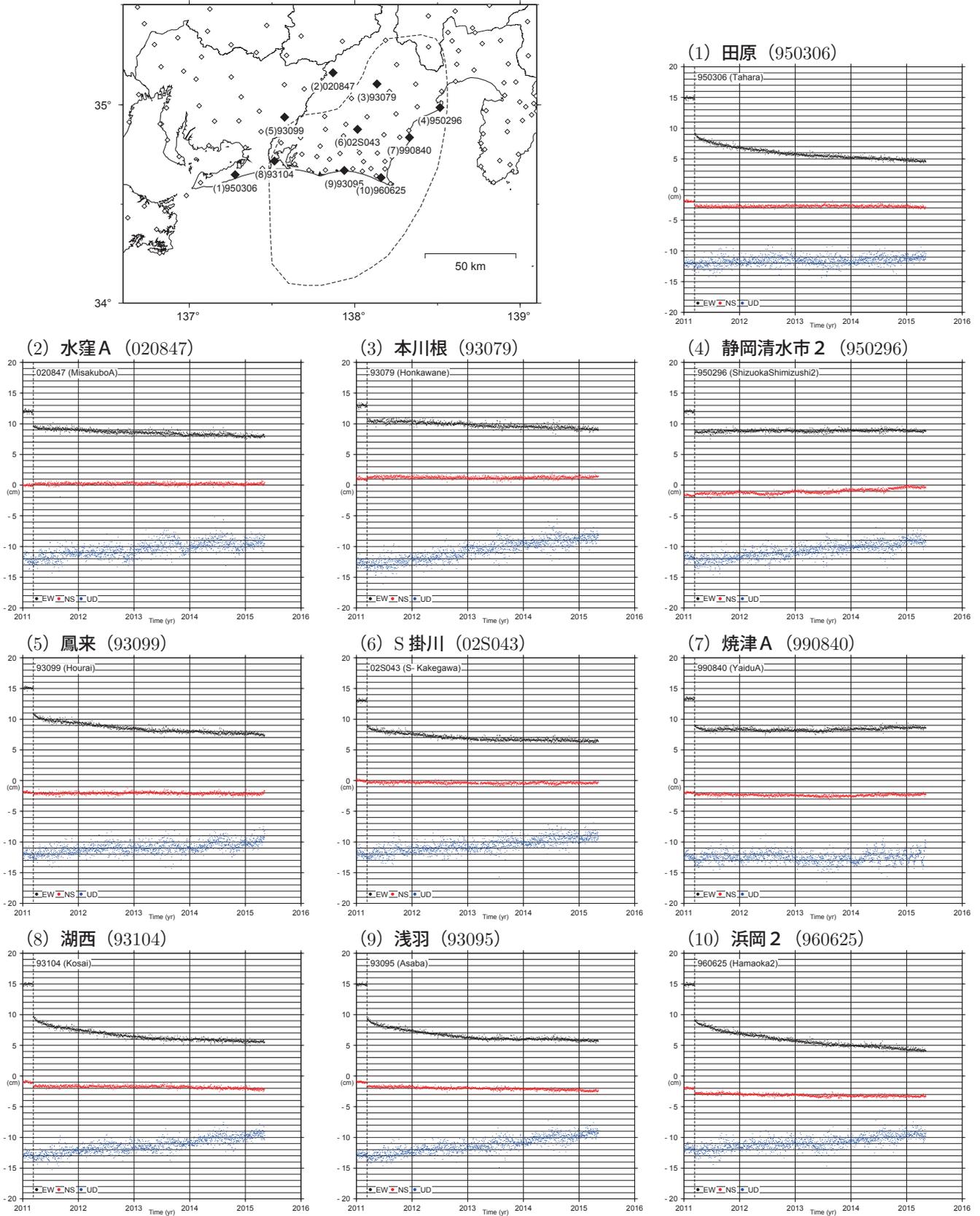


・平滑化した非定常地殻変動時系列から、1年間と3ヶ月間の変動量を表示している。
 ※非定常地殻変動時系列：
 2008年1月～2011年1月のデータから平均変動速度、年周/半年周成分を推定して、元の時系列データから除去した時系列。

第32図 GNSS観測による東海地方の最近1年間と3ヶ月ごとの非定常地殻変動(上下変動)
 Fig. 32 Transient vertical deformation of recent 1 year and every 3 months in the Tokai district.

東海地方の非定常地殻変動時系列【固定局：白鳥】

速報解含む 2011/1/1 - 2015/5/9



- 2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震による地殻変動の影響は取り除いていない。
- 2008年1月1日～2011年1月1日のデータから平均変動速度、年周/半年周成分を推定して、元の時系列データから除去している。

第 33 図 東海地方の非定常地殻変動時系列

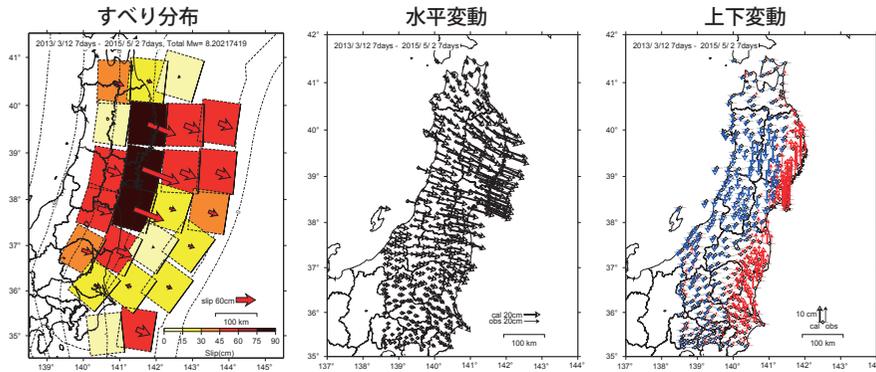
Fig. 33 Time series of transient deformation at selected stations in the Tokai district.

東海地方ゆっくり滑りによるプレート境界面上の滑り分布
モデル一覧

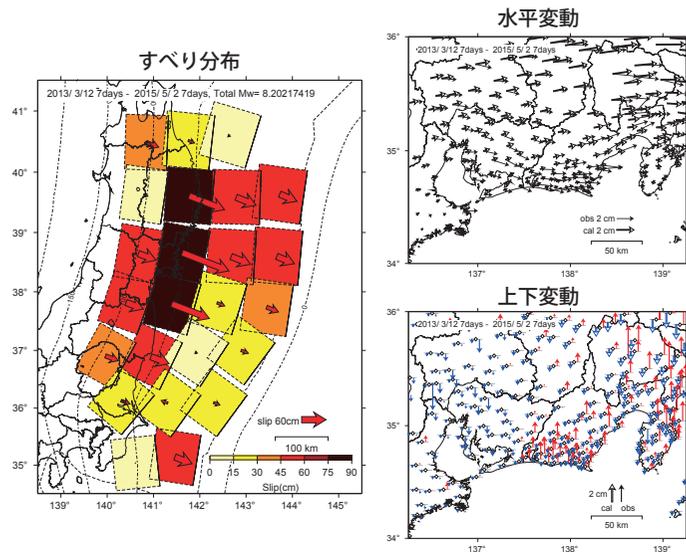
	解析方法	モデルの形状	解析期間	東北地方太平洋沖地震の影響の見積りと除外方法
モデル 1-1	矢吹 & 松浦	矩形断層 ・ 滑り分布	2013/03/12 -- 2015/05/09	<ul style="list-style-type: none"> ・ 地震の余効滑りを複数の矩形断層からなるモデルで推定. ・ 得られた余効滑りのモデルから計算される地殻変動量を, 東海地方の地殻変動ベクトルから差し引いて, 東海地方のモデルを推定. ・ 余効滑りの影響を考慮していないモデルも推定している.
モデル 1-2			2014/05/02 -- 2015/05/09 ※最近 1 年間	
モデル 2	時間依存	滑り分布	2013/01/01 -- 2015/05/01 ※ 幾つかの図は以下の 4 期間に分けて示している. 期間 (A) : 2013/01/01 -- 2013/06/01 期間 (B) : 2013/06/01 -- 2013/11/01 期間 (C) : 2013/11/01 -- 2014/06/01 期間 (D) : 2014/06/01 -- 2015/05/01	<ul style="list-style-type: none"> ・ 時間依存のインバージョンで, 太平洋プレートとフィリピン海プレート上面の滑りを同時に推定.

第 34 図 東海地方ゆっくり滑りによるプレート境界面上の滑り分布 モデル一覧
Fig. 34 List of models of slip distribution on the plate interface of Tokai district.

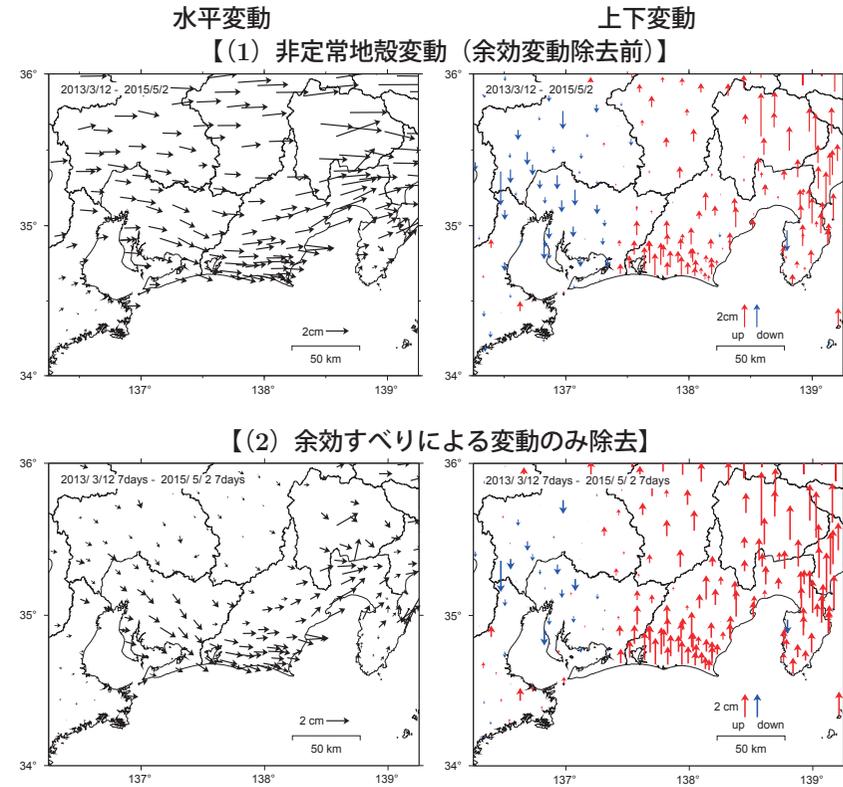
東北地方太平洋沖地震の余効すべりの推定（暫定）【モデル1-1】



余効すべりモデルから計算される東海地方の地殻変動（暫定）



余効変動除去前と除去後の東海地方の非正常地殻変動の比較（暫定）【モデル1-1】



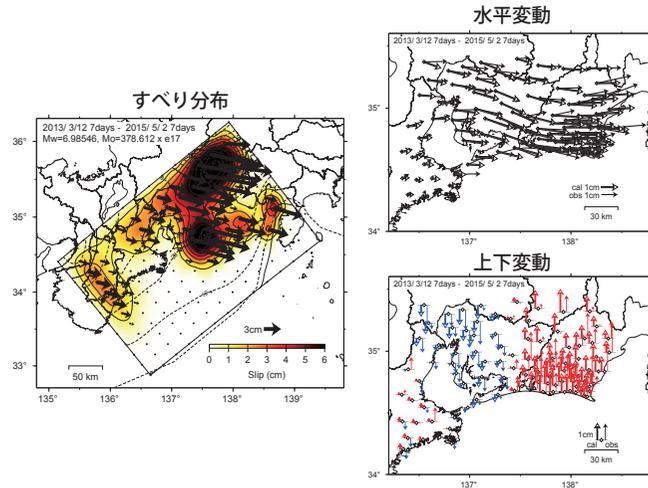
第36図 余効変動除去前と除去後の東海地方の非正常地殻変動の比較（暫定）（モデル1-1）
Fig. 36 Comparison of transient deformation in the Tokai district before and after eliminating post seismic deformation (preliminary result) (model 1-1).

第35図 東北地方太平洋沖地震の余効すべりの推定（暫定）（モデル1-1）
Fig. 35 Estimated postseismic slip of the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake (preliminary result) (model 1-1).
(Upper) Slip distribution (left), horizontal deformation (center), vertical deformation (right).
(Lower) Comparison of calculated and observed crustal deformation of Tokai district (preliminary result). Slip distribution (left), horizontal deformation (upper right), vertical deformation (lower right).

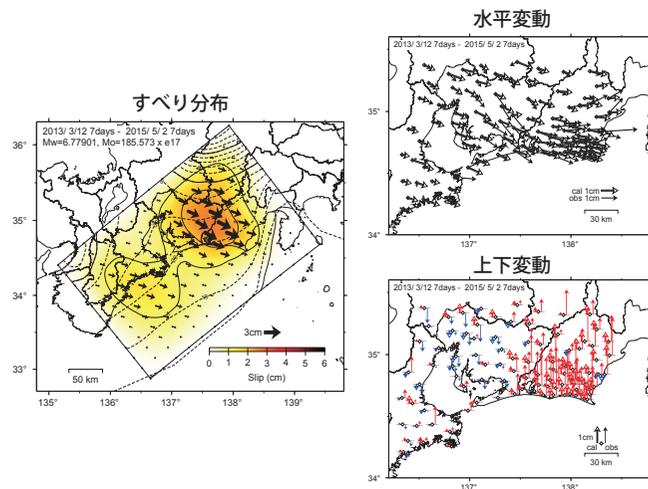
(Upper) (1) Before eliminating postseismic deformation. Horizontal deformation (left), vertical deformation (right).
(Lower) (2) After eliminating postseismic deformation.

すべり分布モデルの推定（暫定）【モデル1-1】

【(1) 非定常地殻変動（余効変動除去前）】



【(2) 余効すべりによる変動のみ除去】



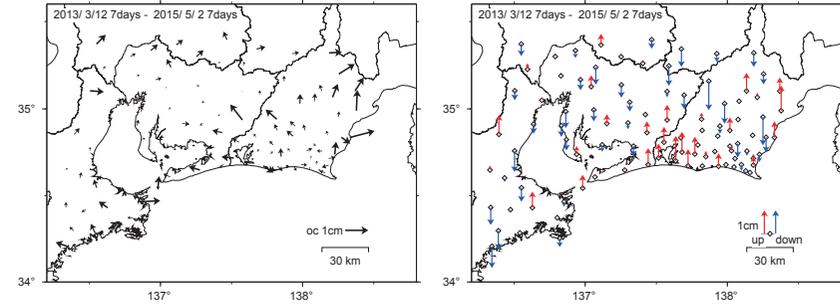
第39図 すべり分布モデルの推定（暫定）（モデル1-1）
Fig. 39 Estimated slip distribution on the plate interface of the Tokai district (preliminary result) (model 1-1).

(Upper) (1) Comparison of transient deformation and calculated deformation (before eliminating postseismic deformation). Slip distribution (left), horizontal deformation (upper right), vertical deformation (lower right).
(Lower) (2) Comparison of transient deformation and calculated deformation (after eliminating postseismic deformation). Slip distribution (left), horizontal deformation (upper right), vertical deformation (lower right).

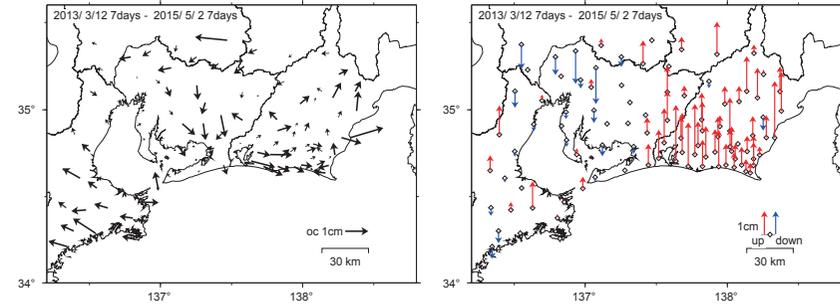
余効変動除去前と除去後のすべり分布モデルの残差（暫定）【モデル1-1】

水平変動 上下変動

【(1) 非定常地殻変動（余効変動除去前）】



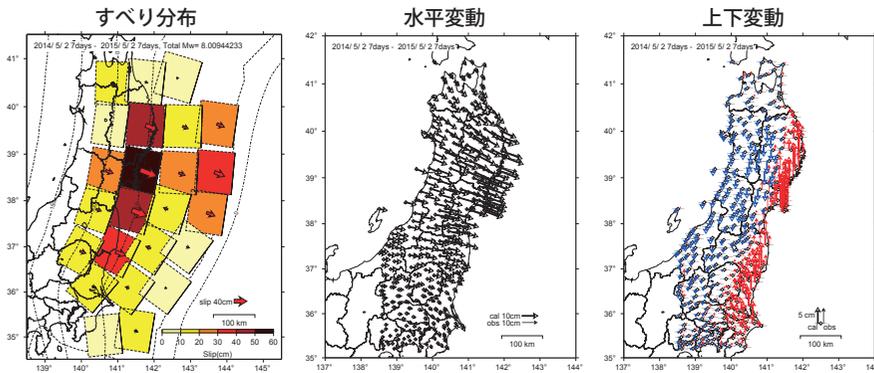
【(2) 余効すべりによる変動のみ除去】



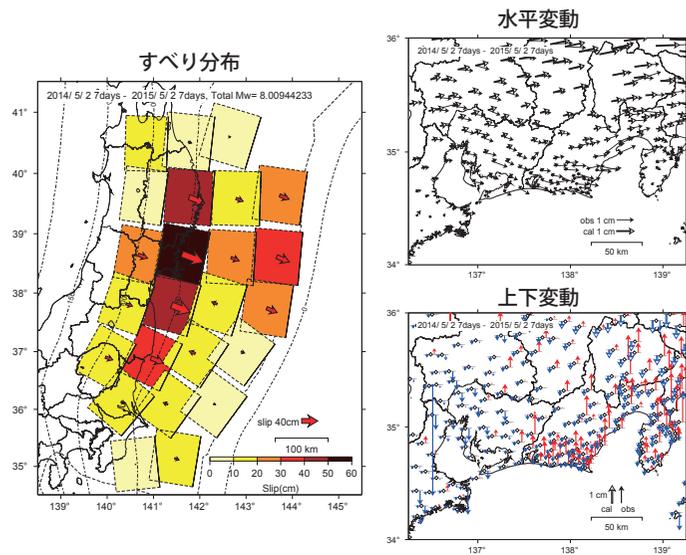
第40図 余効変動除去前と除去後のすべり分布モデルの残差（暫定）（モデル1-1）
Fig. 40 Residual between observed transient and calculated deformation from the slip distribution model (preliminary result) (model 1-1).

(Upper) (1) Before eliminating postseismic deformation. Horizontal deformation (left), vertical deformation (right).
(Lower) (2) After eliminating postseismic deformation.

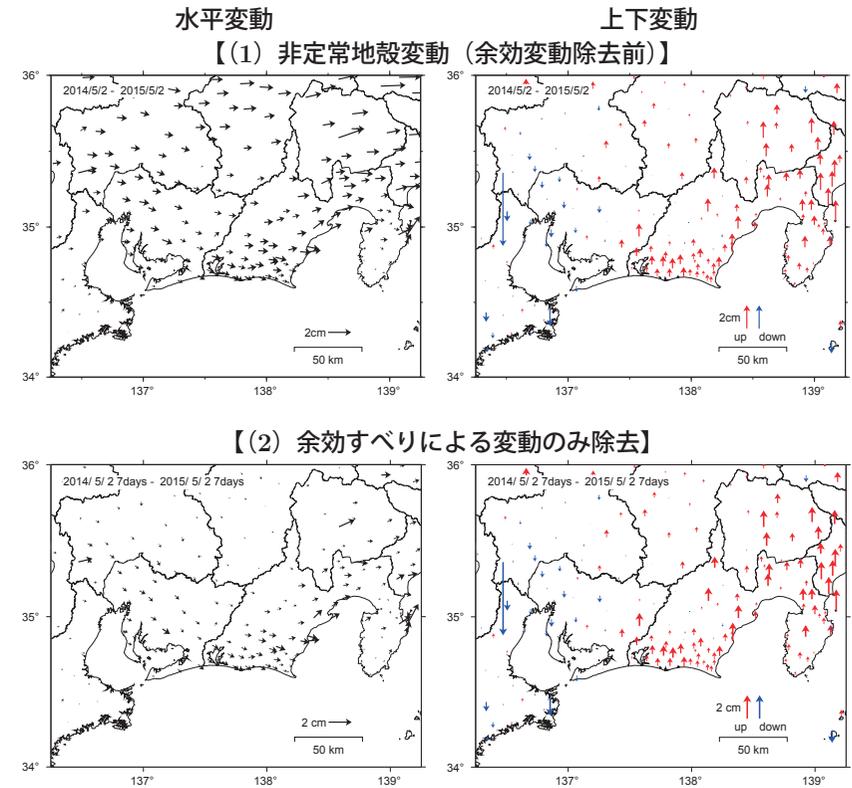
東北地方太平洋沖地震の余効すべりの推定（暫定）【モデル1-2】



余効すべりモデルから計算される東海地方の地殻変動（暫定）



余効変動除去前と除去後の東海地方の非定常地殻変動の比較（暫定）【モデル1-2】



第42図 余効変動除去前と除去後の東海地方の非定常地殻変動の比較（暫定）（モデル1-2）

Fig. 42 Comparison of transient deformation in the Tokai district before and after eliminating post seismic deformation (preliminary result) (model 1-2).

(Upper) (1) Before eliminating postseismic deformation. Horizontal deformation (left), vertical deformation (right).

(Lower) (2) After eliminating postseismic deformation.

第41図 東北地方太平洋沖地震の余効すべりの推定（暫定）（モデル1-2）

Fig. 41 Estimated postseismic slip of the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake (preliminary result) (model 1-2).

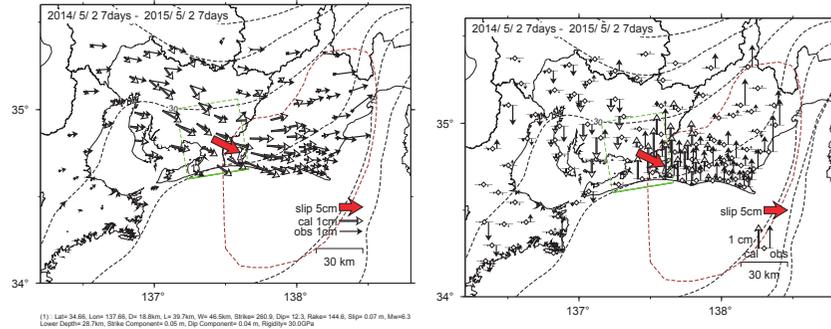
(Upper) Slip distribution (left), horizontal deformation (center), vertical deformation (right).

(Lower) Comparison of calculated and observed crustal deformation of Tokai district (preliminary result). Slip distribution (left), horizontal deformation (upper right), vertical deformation (lower right).

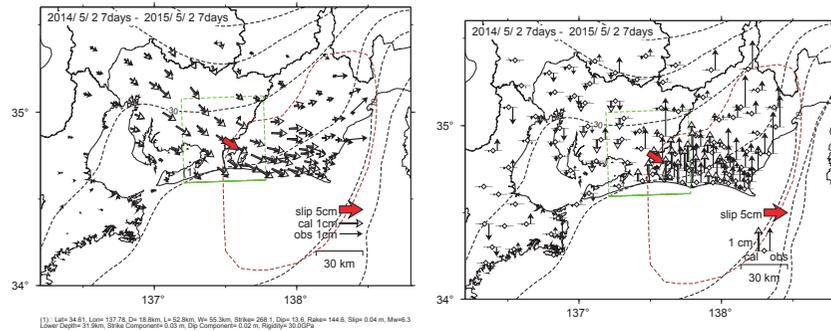
余効変動除去前と除去後の矩形断層モデルの推定 (暫定) 【モデル1-2】

水平変動 上下変動

【(1) 非正常地殻変動 (余効変動除去前)】



【(2) 余効すべりによる変動のみ除去】

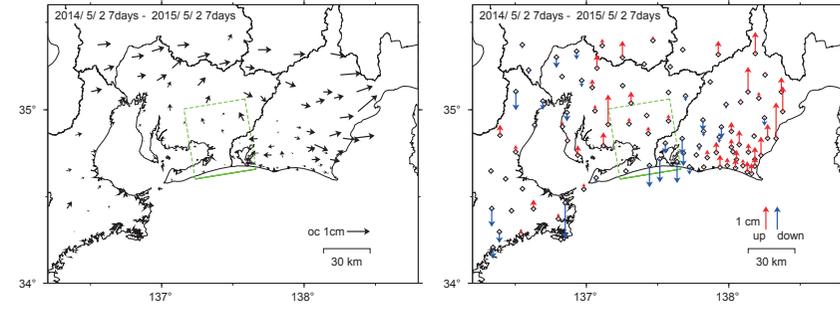


第43図 余効変動除去前と除去後の矩形断層モデルの推定 (暫定) (モデル1-2)
 Fig. 43 Estimated rectangular fault model from transient deformation (preliminary result) (model 1-2).
 (Upper) (1) Comparison of transient deformation and calculated deformation (before eliminating postseismic deformation). Horizontal deformation (left), vertical deformation (right).
 (Lower) (2) Comparison of transient deformation and calculated deformation (after eliminating postseismic deformation).

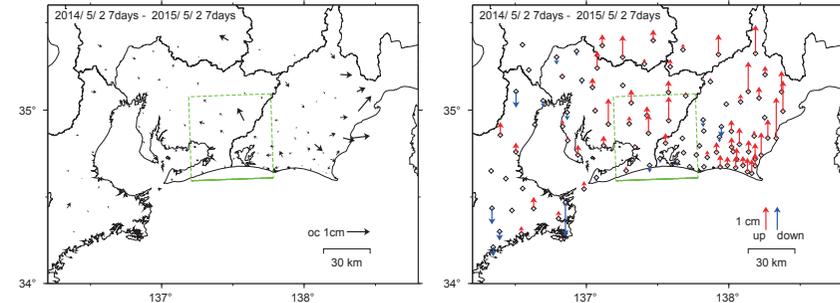
余効変動除去前と除去後の矩形断層モデルの残差 (暫定) 【モデル1-2】

水平変動 上下変動

【(1) 非正常地殻変動 (余効変動除去前)】



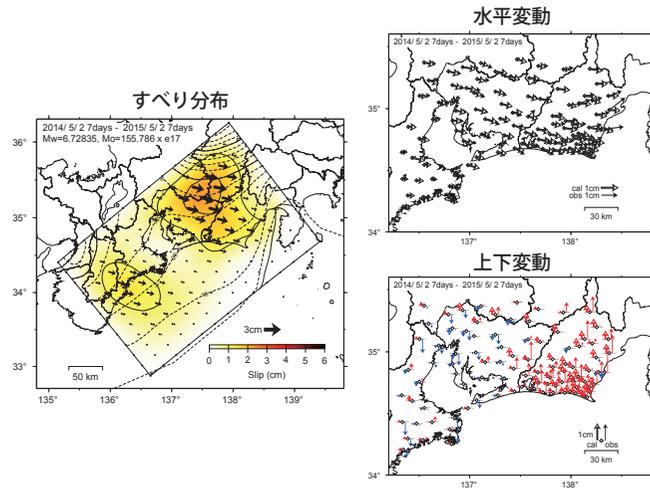
【(2) 余効すべりによる変動のみ除去】



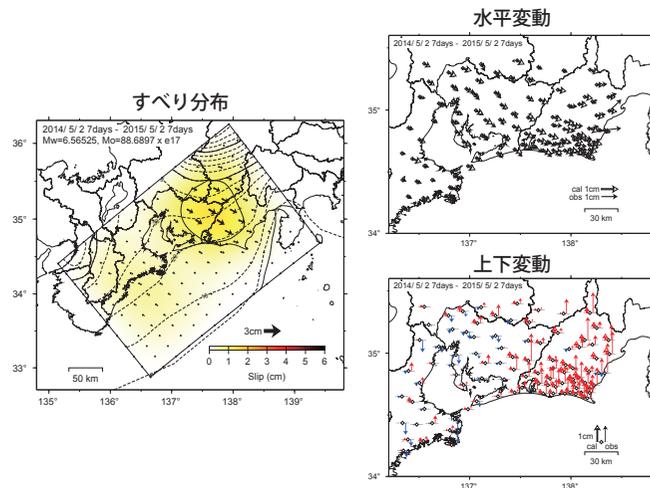
第44図 余効変動除去前と除去後の矩形断層モデルの残差 (暫定) (モデル1-2)
 Fig. 44 Residuals between observed transient and calculated deformation from the rectangular fault model (preliminary result) (model 1-2).
 (Upper) (1) Before eliminating postseismic deformation. Horizontal deformation (left), vertical deformation (right).
 (Lower) (2): After eliminating postseismic deformation.

すべり分布モデルの推定 (暫定) 【モデル1-2】

【(1) 非定常地殻変動 (余効変動除去前)】



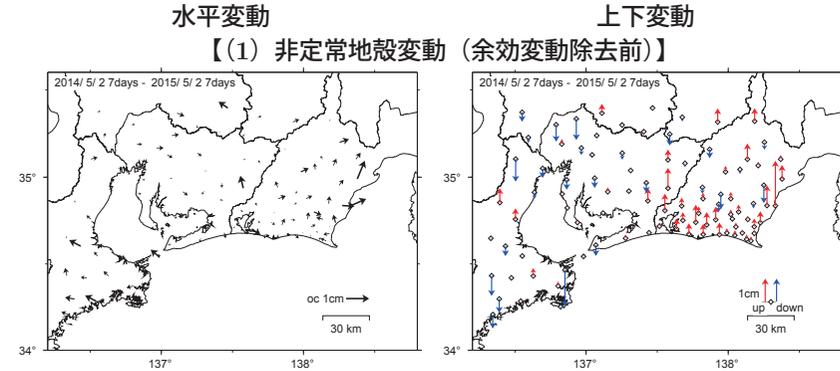
【(2) 余効すべりによる変動のみ除去】



第45図 すべり分布モデルの推定 (暫定) (モデル1-2)
Fig. 45 Estimated slip distribution on the plate interface of the Tokai district (preliminary result) (model 1-2).

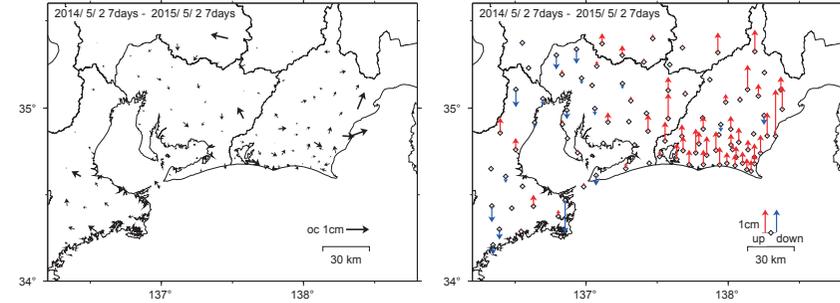
(Upper) (1) Comparison of transient deformation and calculated deformation (before eliminating postseismic deformation). Slip distribution (left), horizontal deformation (upper right), vertical deformation (lower right).
(Lower) (2) Comparison of transient deformation and calculated deformation (after eliminating postseismic deformation). Slip distribution (left), horizontal deformation (upper right), vertical deformation (lower right).

余効変動除去前と除去後のすべり分布モデルの残差 (暫定) 【モデル1-2】



【(1) 非定常地殻変動 (余効変動除去前)】

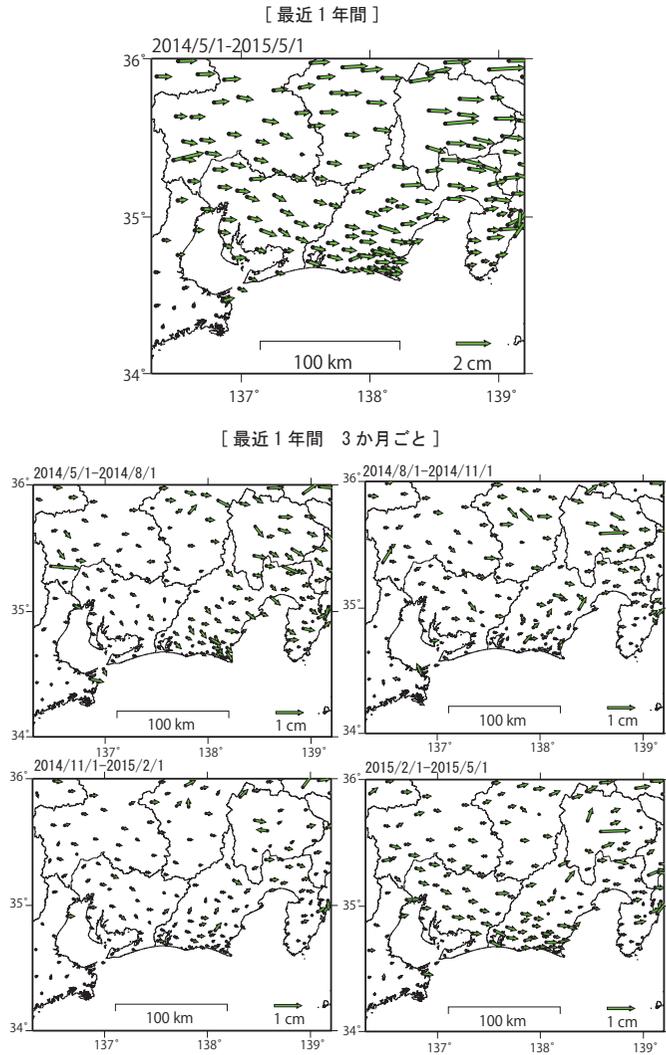
【(2) 余効すべりによる変動のみ除去】



第46図 余効変動除去前と除去後のすべり分布モデルの残差 (暫定) (モデル1-2)
Fig. 46 Residual between observed transient and calculated deformation from the slip distribution model (preliminary result) (model 1-2).

(Upper) (1) Before eliminating postseismic deformation. Horizontal deformation (left), vertical deformation (right).
(Lower) (2) After eliminating postseismic deformation.

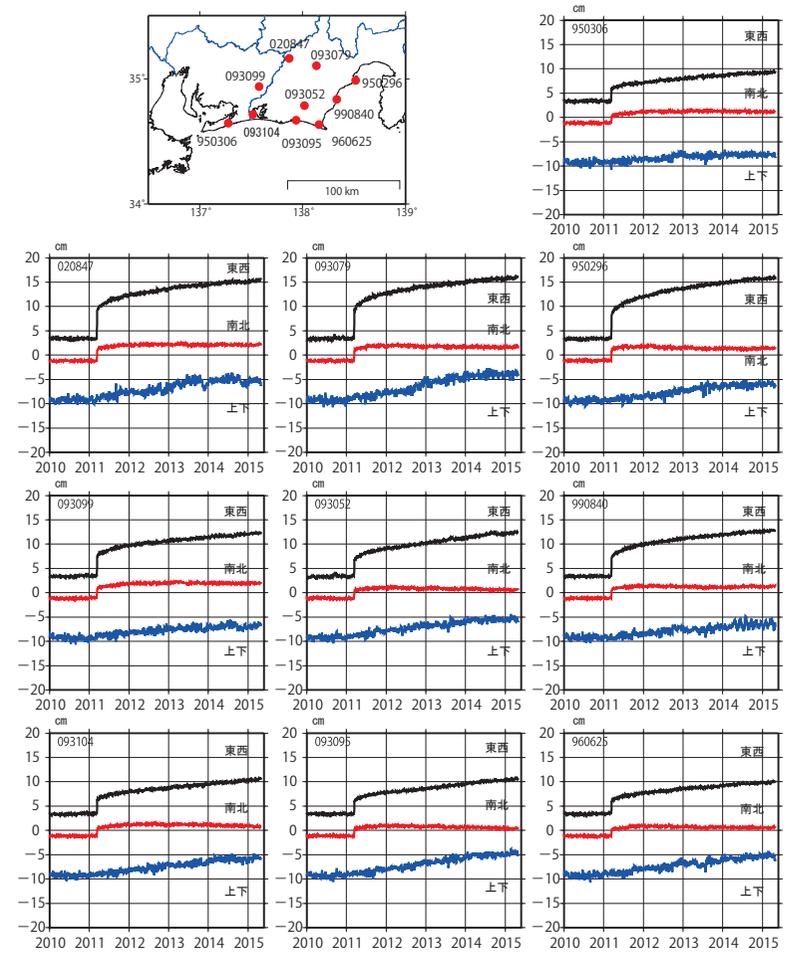
東海地方の非正常水平地殻変動 [固定局：三隅] 【モデル2】



・非正常地殻変動とは、2008年1月～2011年1月のデータから一次トレンドと周期成分（年周・半年周成分）を推定し、元の時系列データから取り除いたもの。

第47図 東海地方の非正常水平地殻変動（三隅固定）（モデル2）
 Fig. 47 Transient horizontal deformation of recent 1 year and every 3 months in the Tokai district (fixed Misumi) (model 2).

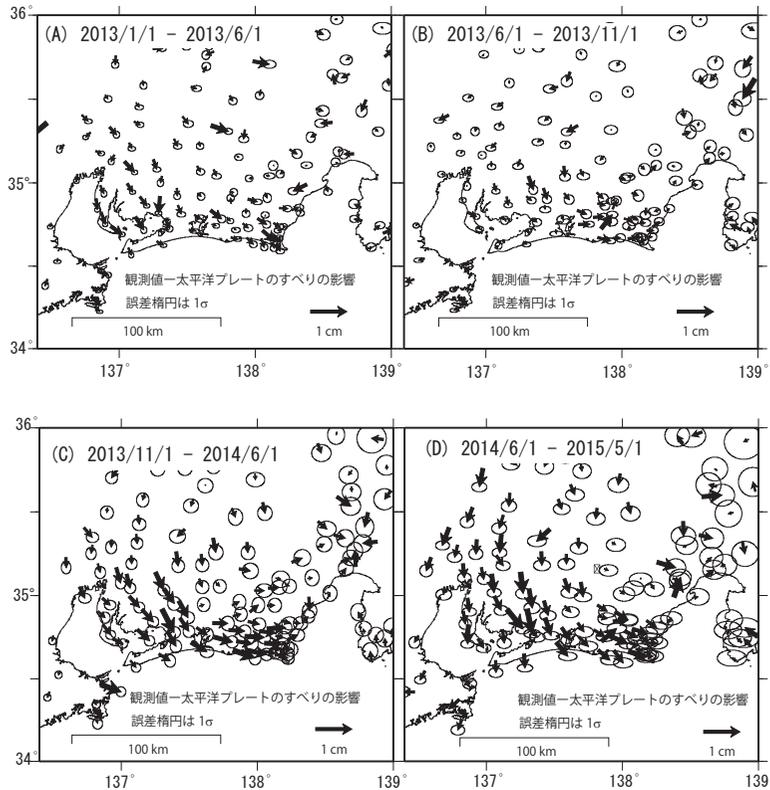
東海地方の非正常地殻変動時系列 [固定局：三隅] 【モデル2】



・非正常地殻変動とは、2008年1月～2011年1月のデータから一次トレンドと周期成分（年周・半年周成分）を推定し、元の時系列データから取り除いたもの。

第48図 東海地方の非正常地殻変動時系列（三隅固定）（モデル2）
 Fig. 48 Time series of transient displacement in the Tokai district (fixed Misumi) (model 2).

東海地方の非定常的な地殻変動 【モデル2】

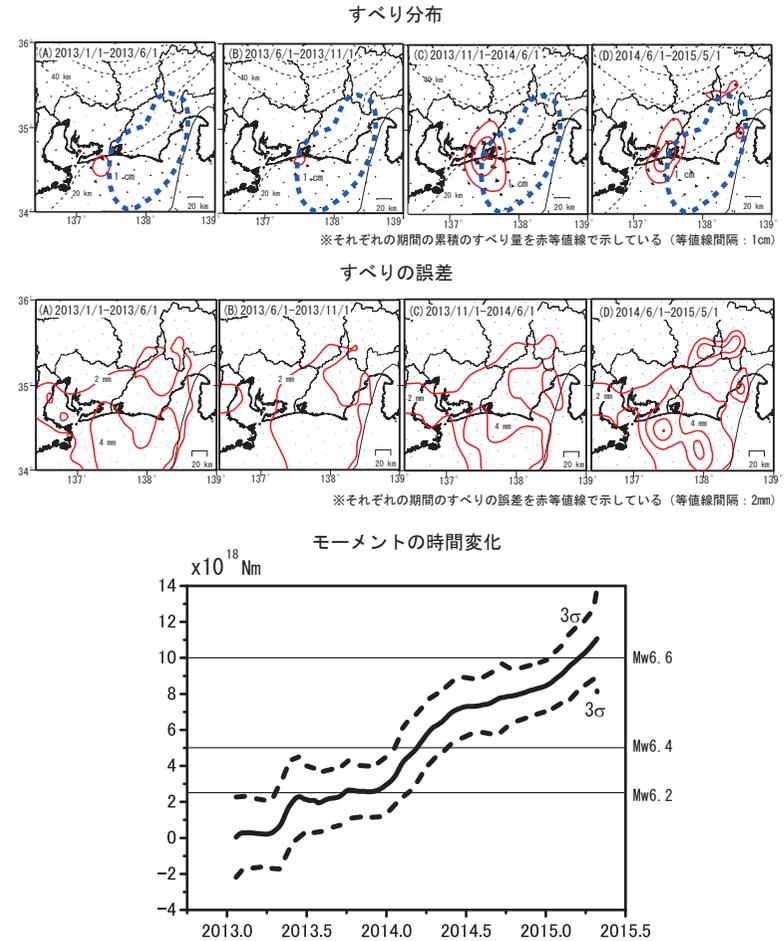


固定局：三隅 (950388)

- ・GNSS 連続観測の結果から非定常地殻変動の時系列データを作成し、そのデータから、推定された東北地方太平洋沖地震後の太平洋プレート上面における余効すべりの影響を取り除いたものを示している
- ・非定常地殻変動とは、2008年1月～2011年1月のデータから一次トレンドと周期成分(年周・半年周成分)を推定し、元の時系列データから取り除いたもの。
- ・誤差楕円は、GNSS 連続観測の結果の誤差と計算値から推定される誤差から計算している。

第49図 東海地方の非定常的な地殻変動 (モデル2)
Fig. 49 Transient deformation in the Tokai district (model 2).

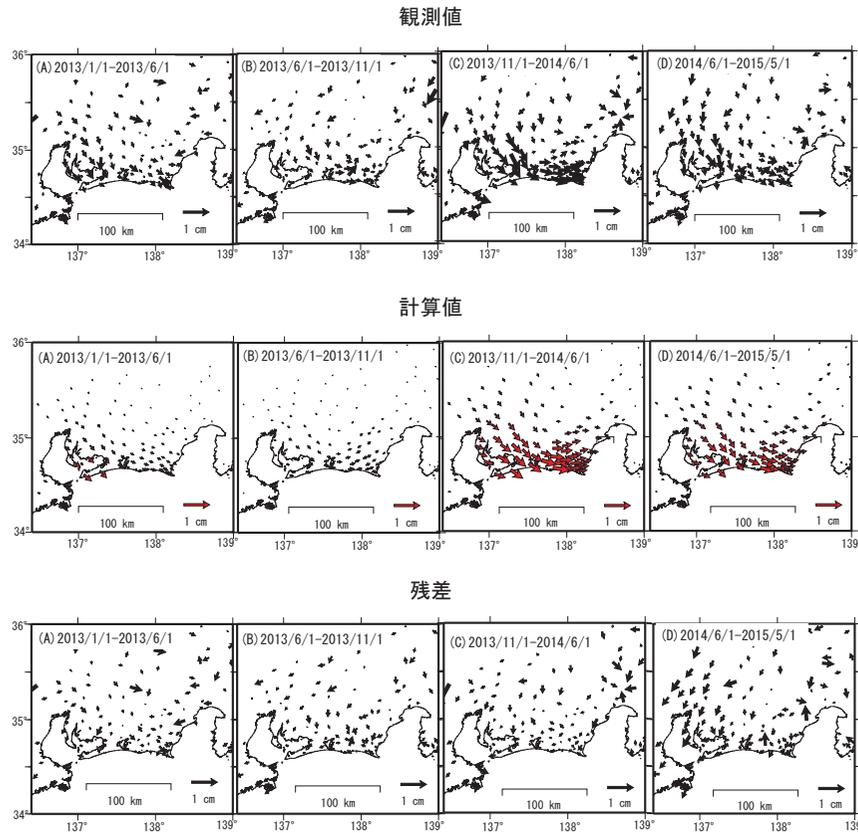
時間依存インバージョンによるすべり分布モデルとモーメントの時間変化 【モデル2】



- ・GNSS 連続観測の結果から非定常地殻変動の時系列データを作成し、時間依存のインバージョンでフィリピン海プレート及び太平洋プレート上面のすべりを同時に推定している。
- ・非定常地殻変動とは、2008年1月～2011年1月のデータから一次トレンドと周期成分(年周・半年周成分)を推定し、元の時系列データから取り除いたもの。
- ・推定されたフィリピン海プレート上面のすべり量とその誤差を、上段と中段にそれぞれ期間ごとに示している

第50図 時間依存インバージョンによるすべり分布モデルとモーメントの時間変化 (モデル2)
Fig. 50 Time evolution of the estimated slip distribution and moment by the time dependent inversion method (model 2). Slip distribution (top), slip error (middle), time series of estimated moment (bottom).

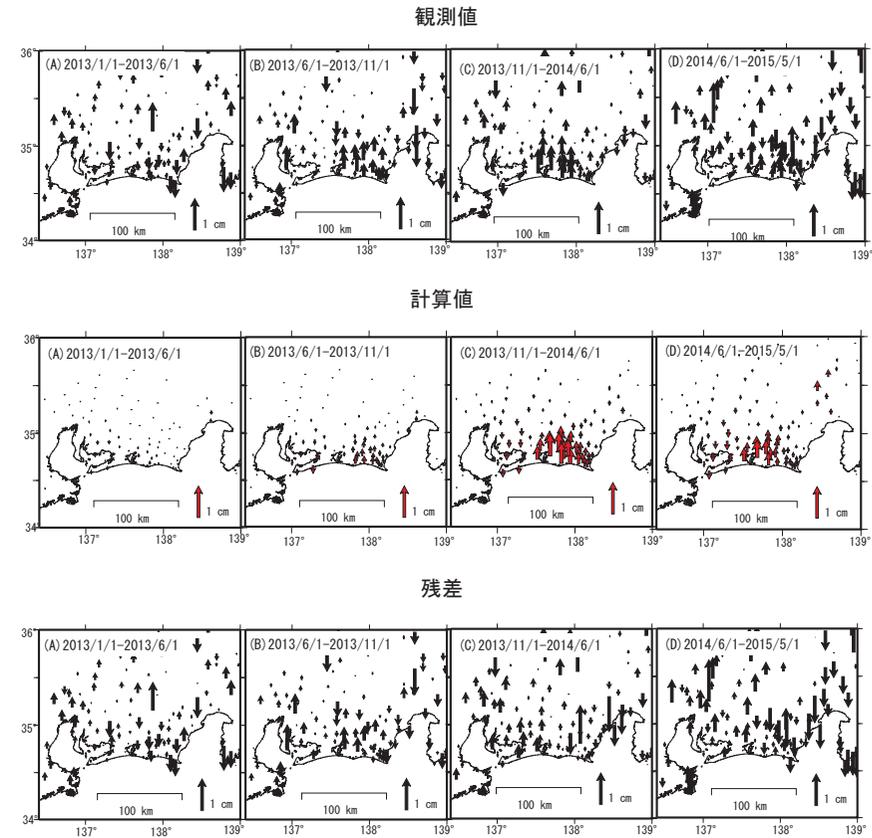
東海地方の地殻変動の観測値と計算値の比較（水平変動）【モデル2】



- ・ 上段は、GNSS 連続観測の結果から非定常地殻変動の時系列データを作成し、そのデータから、推定された東北地方太平洋沖地震後の太平洋プレート上面における余効すべりの影響を取り除いたものを示している。
- ・ 非定常地殻変動とは、2008年1月～2011年1月のデータから一次トレンドと周期成分（年周・半年周成分）を推定し、元の時系列データから取り除いたもの。
- ・ 中段は、推定した東海地方のすべり分布モデルから計算される水平地殻変動を示している。
- ・ 下段は、上段から中段を差し引いた残差を示している。

第 51 図 東海地方の地殻変動の観測値と計算値の比較（水平変動）（モデル 2）
 Fig. 51 Comparisons between observed and calculated horizontal displacements in the Tokai district (model 2). Observation (top), calculation (middle), residual (bottom).

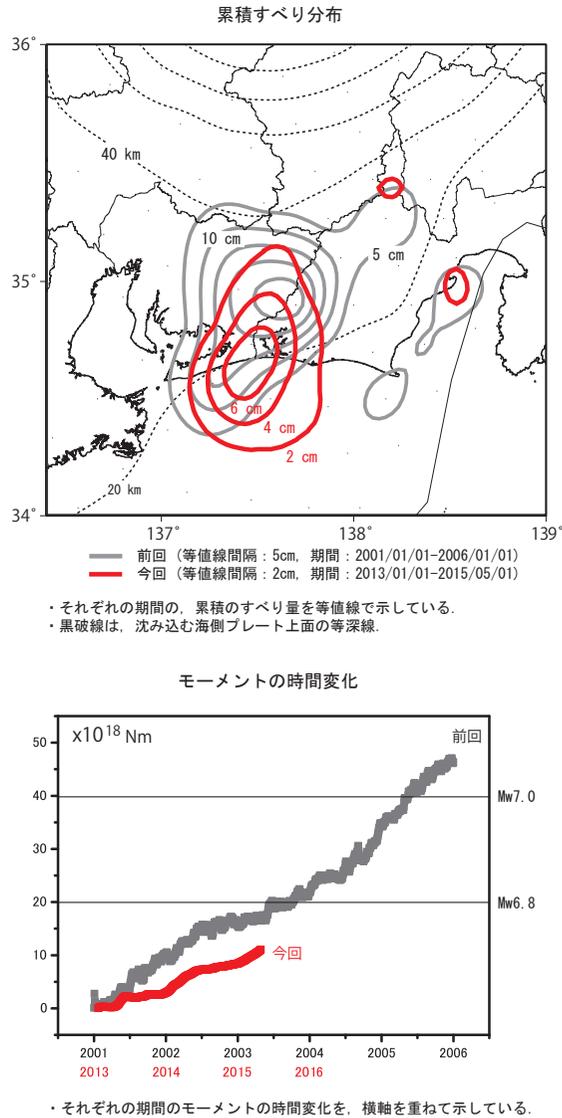
東海地方の地殻変動の観測値と計算値の比較（上下変動）【モデル2】



- ・ 上段は、GNSS 連続観測の結果から非定常地殻変動の時系列データを作成し、そのデータから、推定された東北地方太平洋沖地震後の太平洋プレート上面における余効すべりの影響を取り除いたものを示している。
- ・ 非定常地殻変動とは、2008年1月～2011年1月のデータから一次トレンドと周期成分（年周・半年周成分）を推定し、元の時系列データから取り除いたもの。
- ・ 中段は、推定した東海地方のすべり分布モデルから計算される上下地殻変動を示している。
- ・ 下段は、上段から中段を差し引いた残差を示している。

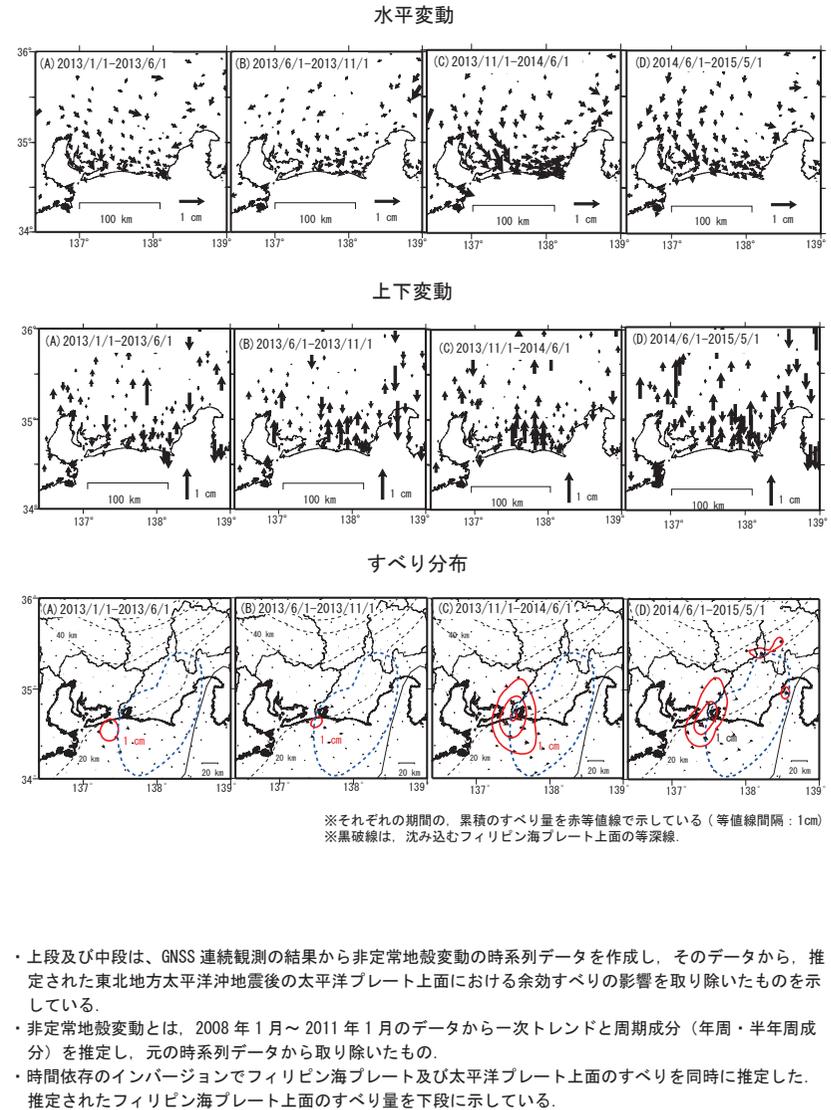
第 52 図 東海地方の地殻変動の観測値と計算値の比較（上下変動）（モデル 2）
 Fig. 52 Comparison between observed and calculated vertical displacements in the Tokai district (model 2). Observation (top), calculation (middle), residual (bottom).

累積すべり分布及びモーメントの時間変化の比較(暫定) 【モデル2】



第53図 累積すべり分布及びモーメントの時間変化の比較(暫定) (モデル2)
Fig. 53 Comparisons of accumulated slip distribution and moment between the 2014 event and the last event (2001-2005) (preliminary result) (model 2). Slip distribution (top), time series of estimated moment (bottom).

東海地方の非定常地殻変動及びすべり分布の時間変化【モデル2】



第54図 東海地方の非定常地殻変動及びすべり分布の時間変化(モデル2)
Fig. 54 Time evolution of transient displacement and slip distribution in the Tokai district (model 2). Horizontal deformation (top), vertical deformation (middle), slip distribution (bottom).